BESKOUINGS OOR ONDERRIG: IMPLIKASIES VIR DIE DIDAKTIESE SKOLING VAN WISKUNDEONDERWYSERS

Hercules David Nieuwoudt (*M.Sc.*, *B.Ed.*, *T.H.O.D.*)

Proefskrif voorgelê vir die graad

Philosophiae Doctor

in Didaktiese Opvoedkunde in die Departement Didaktiese Wetenskappe aan die Vaaldriehoekkampus van die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys

Promotor: Prof. dr. I.N. Steyn

Hulppromotor: Dr. C.K. van Wyk

Vanderbijlpark

1998

Geldelike bystand gelewer deur die Sentrum vir Wetenskapontwikkeling (Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing, Suid-Afrika) vir hierdie navorsing, word hiermee erken. Menings uitgespreek en gevolgtrekkings waartoe geraak is, is dié van die outeur en moet nie noodwendig aan die Sentrum vir Wetenskapontwikkeling toegeskryf word nie.

Opgedra aan my vrou Susan, en ons seuns Org, Rudolph en Cules

... en aan die nagedagtenis van Verma Jooste,
in lewe die egte mens en onvergeetlike onderwyser,
wat hierdie werk deur sy entoesiasme en voorbeeld geïnspireer het

DANKBETUIGINGS

My opregte dank en waardering gaan aan:

- My promotor, professor Izak Steyn, vir sy inspirerende, verdraende en baie bekwame leiding en voorbeeld tydens die studie, ook te midde van moeilike omstandighede.
- My hulppromotor, doktor Chris van Wyk, vir sy aanmoediging, ondersteuning en vriendskap.
- Mevrou Lienkie Viljoen en professor Faans Steyn van die Statistiese Konsultasiediens van die PU vir CHO vir hulle onmisbare hulp met die beplanning en uitvoering van die empiriese ondersoek, asook met die dataverwerking.
- Die personeel van die Ferdinand Postma- en die Natuurwetenskapbiblioteek aan die PU vir CHO vir hulle vriendelike en professionele hulp.
- Die rektore, dosente en studente aan die onderwyskolleges en universiteite, die wiskundevakadviseurs en die Sediba-onderwysers in Noordwes vir hulle toestemming tot die ondersoek en hulle bereidwillige deelname daaraan.
- Die Sentrum vir Wetenskapontwikkeling, asook die Dekaan Opvoedkunde, die Direkteur van die Nagraadse Skool vir Opvoedkunde aan die PU vir CHO, en die Fakulteitshoof Opvoedkunde aan die Vaaldriehoekkampus vir hulle finansiële en ander ondersteuning.
- Mevrou Elmien Viljoen vir die taalkundige versorging van die manuskrip.
- Mevrou Saar du Toit vir die bibliografiese versorging van die bronnelys.
- Kollegas, studente en vakgenote vir hulle ondersteuning en aanmoediging.
- My ouers en skoonouers, ander familie en vriende vir hulle gewaardeerde en volgehoue belangstelling, ondersteuning en aanmoediging.
- My gesin wat soveel moes verduur, ontbeer en opoffer, en nogtans lojaal gebly het en verstaan het.

En my nederige erkenning en alle eer gaan aan:

- Die enigste Een in Wie se Lig ons die lig sien, en die krag, die genade en die opdrag ontvang om te leef en werk.

OPSOMMING

Skoolwiskundeonderrig is 'n kernbelangrike leerarea in Suid-Afrikaanse skole. As gevolg van hardnekkige tradisionele positivistiesgebaseerde onderrigbeskouings en -benaderings gaan dit egter steeds gebuk onder 'n wye verskeidenheid onderrig-leerprobleme. Verskeie nasionale pogings is al van stapel gestuur om 'n doeltreffende onderrig-leerprogram daar te stel. Prominente navorsers toon aan dat die mislukking van onderrig-leerprogramme in 'n hoë mate aan die gebrek aan 'n onderliggende begronde onderrigteorie toegeskryf moet word. Daarom is hierdie studie op die ontwikkeling van 'n begronde onderrigteoretiese raamwerk vir skoolwiskundeonderrig gerig.

'n Verdere probleem ten opsigte van skoolwiskundeonderrig is dat onderrig en leer hoofsaaklik eksklusief vanuit die eng skoolvakdissipline beskou en benader word. Daarom is daar in hierdie studie vanuit 'n algemene didakties-teoretiese perspektief vertrek. Dit het die geleentheid gebied om die problematiek vanuit 'n wyer hoek te benader en op te los. 'n Konstruktivistiesgebaseerde post-postivistiese beskouing oor doeltreffende onderrig is dus eers ontwikkel, voordat die terrein van skoolwiskunde betree is. Hiervolgens is 'n geïntegreerde ontologies-kontekstuele beskouing oor onderrig in terme van ses geïdentifiseerde ontologiese wesenstrekke van onderrig, en die kontekstuele samehang daarvan, ontwikkel, naamlik: *intensie*, *onderriggewer*, *leerder*, *interaksie*, *inhoud* en *konteks*. In teenstelling met tradisionele positivistiese beskouings word daar nie 'n oorsaaklike verband tussen onderrig en leer veronderstel nie, en word onderrig nie in terme van leerprodukte gekwalifiseer nie. Onderrig is naamlik op ontologiese gronde vanuit die verskynsel self gekarakteriseer en gekwalifiseer. Hierdeur kon die beperkinge van positivistiese proses-produkonderrig-beskouings blootgelê, verklaar en oorkom word en is 'n dinamiese geïntegreerde beskouing oor onderrig as 'n menslike handeling, wat op die bemoontliking van relevante en betekenisvolle leer gerig is, begrond en ontwikkel.

Op grond van die algemene ontologies-kontekstueelgebaseerde onderrigbeskouing is daar ook 'n spesifieke ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig begrond en ontwikkel. Hiertoe is 'n verskeidenheid prominente heersende beskouings oor en benaderings tot skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan, krities ontleed. Hiervolgens behoort skoolwiskunde, en die onderrig en leer daarvan vanuit 'n konstruktivistiesgebaseerde dinamiese groei-en-verander-perspektief as menslike handelinge beskou en benader te word. Daar is aangetoon dat die

heersende onderrig-leerproblematiek vanuit hierdie perspektief benader en opgelos kan word. Hiertoe is dit egter noodsaaklik dat daar grondig en vanuit 'n ooreenstemmende perspektief oor die skoolwiskundekurrikulum, asook die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers besin moet word.

Spesifieke implikasies van die ontwikkelde ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig is afgelei en prakties in die betrokke voordiens-didaktiese skolingsituasie in die Noordwes Provinsie getoets. Hierdeur kon 'n geïntegreerde model vir die betrokke skoling geformuleer word. Op grond hiervan is bevind dat die huidige skoling grootliks tot die voortsetting van tradisionele beskouings oor en benaderings tot skoolwiskundeonderrig en die afsonderlike wesenstrekke daarvan bydra. Definitiewe voorstelle met betrekking tot die transformasie van skoolwiskunde-onderrig en die didaktiese skoling daartoe, is vanuit die ontwikkelde geïntegreerde ontologies-kontekstuele perspektief gemaak en gemotiveer. Voortspruitende terreine vir verdere ondersoek en ontwikkeling is ook geïdentifiseer.

In hierdie studie is gepoog om die besondere en verruimende wisselwerking tussen die algemene en vakdidaktiese terreine en –navorsing in die twee kontekste van *doeltreffende skoolwiskundeonderrig* en die *gepaardgaande voordiens-didaktiese skoling* te ondersoek en vir verdere eksplorasie bloot te lê. Daar is in die besonder gepoog om dit op 'n begronde en geïntegreerde wyse, tot die voordeel van beide terreine, te doen.

Woorde vir indeksering: Onderrigparadigma, onderrigbeskouing, onderrigbenadering, onderrigmodel, onderrig-/didaktiese teorie, onderrig-leer, doeltreffende onderrig, primêre skool, sekondêre skool, skoolwiskunde, skoolwiskundeonderrig, voordiens-onderwyseropleiding, didaktiese skoling.

SUMMARY

Views of teaching: implications for the didactic training of mathematics teachers. School mathematics teaching is an essential learning area in South African schools. Owing to persistent traditional positivist-based views and approaches, it still suffers from a variety of teaching-learning problems. Various national attempts have already been made to develop an effective teaching-learning program for school mathematics. Prominent researchers reveal that the failure of teaching-learning programmes often have to be attributed to the lack of an underlying grounded didactic theory. Therefore this study focused on the development of a grounded teaching-theoretical framework for school mathematics teaching.

A further problem regarding school mathematics is that its teaching and learning traditionally are viewed from a narrow school subject disciplinary perspective. Therefore this study departed from a general didactic-theoretical perspective, creating the opportunity to approach and solve problems from a wider angle. A constructivist-based post-positivist view of effective teaching was developed, before entering the field of school mathematics. In this way an integrated ontological-contextual view of teaching was developed in terms of six identified ontological essential features, and their contextual coherence, namely: *intention*, *teacher*, *learner*, *interaction*, *content* and *context*. Contrary to traditional positivist views, no causal relationship between teaching and learning was imposed, and teaching was not qualified in terms of learning products. Instead, teaching was characterised and qualified on ontological grounds, departing from the phenomenon itself. In this way the limitations of positivist process-product views of teaching could be identified, explained and overcome. Alternatively, a dynamic integrated view of teaching as a human act, directed at the facilitation of relevant and meaningful learning, was grounded and developed.

Based on this general ontological-contextually based view, a specific ontological-contextual view of effective school mathematics teaching was grounded and developed. To this end a variety of prominent contemporary views of and approaches to school mathematics, and its teaching and learning, needed to be analysed in a critical way. According to this analysis school mathematics, and its teaching and learning should be viewed and approached from a constructivist-based dynamic change-and-grow perspective as human acts. In addition, it could have been proved that the perspective concerned can facilitate the treatment and solving of the

currently experienced teaching-learning problems. This requires the reconsideration, from a similar perspective, of the current school mathematics curriculum, as well as the preservice didactic training of mathematics teachers.

Specific implications of the developed ontological-contextual view of effective school mathematics teaching were identified, and practically tested in the corresponding preservice didactic training situation in the North West Province. Based on this an integrated model for the training concerned was formulated. It was found that the current training largely contributed to the continuation of traditional views of and approaches to school mathematics teaching, and its essential features. From the developed integrated ontological-contextual perspective definitive proposals regarding the transformation of school mathematics teaching and the corresponding didactic training were made and motivated. Further areas for investigation and development, resulting from this study, were identified, as well.

This study aimed at investigating, and revealing for further exploration, the specific and broadening interaction between the general teaching and subject didactical fields and research, particularly in the two contexts of *effective school mathematics teaching* and the *corresponding preservice didactical training*. A particular attempt was made to accomplish this in a grounded and integrated way, to the benefit of both fields.

Words for indexing: Teaching paradigm, teaching view, teaching approach, teaching model, teaching/didactic theory, teaching-learning, effective teaching, primary school, secondary school, school mathematics, school mathematics teaching, preservice mathematics teacher education, didactic training.

INHOUDSOPGAWE

OPSOMMING i

SUMMMARY iii

LYS VAN FIGURE EN TABELLE xiii

HOOFSTUK 1
PROBLEEMSTELLING EN ONDERSOEKPROGRAM 1

1.1 INLEIDING EN ORIËNTERING 1

1.2 PROBLEEMSTELLING EN –BEREDENERING 4

1.3 DOEL VAN DIE ONDERSOEK 7

1.4 TERREIN VAN DIE ONDERSOEK 7

1.5 ASPEKTE VAN OPVOEDKUNDIGE NAVORSINGSMETODOLOGIE 8

1.5.1 'n Perspektiefstelling ten opsigte van die metodologie in hierdie ondersoek 8

1.5.2 Kwantitatiewe ondersoek 10

1.5.3 Kwalitatiewe ondersoek 13

1.5.4 Die wisselwerking tussen die kwantitatiewe en kwalitatiewe werkwyses 16

1.6 METODE VAN ONDERSOEK 16

1.6.1 Literatuurstudie 16

1.6.2 Empiriese ondersoek 17

1.6.2.1 Wyse waarop die ondersoek uitgevoer is *17*

1.6.2.2 Populasie en steekproef *17*

1.6.2.3 Meetinstrumente *18*

1.6.2.4 Statistiese tegnieke *18*

1.7 PROGRAM VAN ONDERSOEK 19

HOOFSTUK 2

'N BEGRONDE BESKOUING OOR DOELTREFFENDE ONDERRIG **21**

2.1 INLEIDING EN ORIËNTERING **21**

2.2 PROMINENTE KONTEMPORÊRE ONDERRIGBESKOUINGS **23**

2.2.1 Inleiding 23

2.2.2 Die positivistiese tradisie 23

2.2.2.1 Oriëntering *23*

2.2.2.2 Vroeë 'sukses'-beskouings oor onderrig *24*

2.2.2.3 Die proses-produkbeskouing *27*

2.2.3 Die post-positivistiese tradisie 32

2.2.3.1 Oriëntering *32*

2.2.3.2 Die ontologies-kontekstuele denkskool *33*

2.2.3.3 Nuanses binne die ontologies-kontekstuele denkskool *40*

2.2.3.4 Slotopmerking *45*

2.3 BEPERKINGE VAN BESKOUINGS OOR ONDERRIG EN LEER IN KLASKAMERS **46**

2.3.1 Inleiding 46

2.3.2 Vaste en nie-interaktiewe beskouings oor die leerder en die inhoud 46

2.3.3 'Naïewe' konstruktivisme 48

2.3.4 'n 'Oordrag'-beskouing oor onderrig en leer 48

2.3.5 'n 'Vaste agenda'-kurrikulumbeskouing 49

2.4 WAT IS ONDERRIG EN DOELTREFFENDE ONDERRIG? **50**

2.4.1 Wat is onderrig? 50

2.4.2 Wat is die doel van onderrig? 53

2.4.3 Wanneer is onderrig doeltreffend? 58

2.4.3.1 Inleiding *58*

2.4.3.2 Die onderrigintensie *60*

2.4.3.3 Die leerinhoud 60

2.4.3.4 Die onderriggewer 60

2.4.3.5 Die leerder 61

2.4.3.6 Aktiewe begeleide interaksie in die onderrigsituasie 62

2.4.3.7 Die werkplek en onderrigkonteks 62

2.4.4 Hoe verloop doeltreffende onderrig? 62

2.5 SAMEVATTING 65

HOOFSTUK 3
'N ANALISE VAN BESKOUINGS OOR WISKUNDE EN BENADERINGS TOT DIE ONDERRIG VAN WISKUNDE OP SKOOL 67

3.1 INLEIDING 67

3.2 BESKOUINGS OOR WISKUNDE 68

3.2.1 Oriëntering 68

3.2.2 Beskouings oor wiskunde 69

3.2.2.1 Die formalisties-statiese beskouing 69

3.2.2.2 Die relativisties-dinamiese beskouing 71

3.2.2.3 Die instrumentalistiese beskouing 75

3.2.2 Sintese 76

3.3 DIE LEER VAN WISKUNDE OP SKOOL 80

3.3.1 Oriëntering 80

3.3.2 Beskouings oor die leer van wiskunde 81

3.3.2.1 Die produktradisie 81

3.3.2.2 Die prosestradisie 83

3.3.2.3 Samevatting 84

3.3.3 Wiskundeonderrig en die leer van wiskunde 84

3.3.4 Sintese 85

3.4 BENADERINGS TOT DIE ONDERRIG VAN WISKUNDE 86

3.4.1 Oriëntering 86

3.4.2 Produkgerigte benaderings tot wiskundeonderrig 87

3.4.2.1 Oriëntering 87

3.4.2.2 Tradisionele bemeesteringgerigte wiskundeonderrig 87

3.4.2.3 Aktiewe wiskundeonderrig 95

3.4.3 Prosesgerigte benaderings tot wiskundeonderrig 99

3.4.3.1 Oriëntering 99

3.4.3.2 Ondersoekgerigte wiskundeonderrig 100

3.4.3.3 Konstruktivistiese wiskundeonderrig 108

3.4.3.4 Probleemgesentreerde wiskundeonderrig 111

3.4.3.5 Kognitief-begeleidende wiskundeonderrig 121

3.4.3.6 Realistiese wiskundeonderrig 125

3.5 SAMEVATTING 132

HOOFSTUK 4
DOELTREFFENDE WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL VANUIT ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF 135

4.1 INLEIDING 135

4.2 DIE WESENSTREKKE VAN DOELTREFFENDE WISKUNDE-ONDERRIG OP SKOOL 136

4.2.1 Oriëntering 136

4.2.2 Die doel van wiskundeonderrig 136

4.2.2.1 Doelbeskouing 136

4.2.2.2 Samehang van onderrig en leer 137

4.2.2.3 Doelstellings van wiskundeonderrig 139

4.2.2.4 Sintese 143

4.2.3 Inhoud as wesenstrek van wiskundeonderrig 144

4.2.3.1 Die aard van die leerinhoud 144

4.2.3.2 Leerinhoudbeskouing 145

4.2.3.3 Die seleksie en ordening van leerinhoude 146

4.2.3.4 Sintese 163

4.2.4 Die persone in die wiskundeonderrigsituasie 164

4.2.4.1 Oriëntering 164

4.2.4.2 Die onderriggewer 164

4.2.4.3 Die leerder 177

4.2.4.4 Sintese 186

4.2.5 Aktiewe begeleide interaksie in wiskundeonderrig 187

4.2.5.1 Oriëntering 187

4.2.5.2 Wiskundeonderrig as gespreksgeleentheid 188

4.2.5.3 Die aard van interaksie in wiskundeonderrig 189

4.2.5.4 Die plek van die interaksie in wiskundeonderrig 192

4.2.5.6 Sintese 193

4.2.6 Die ekologie van wiskundeonderrig op skool 193

4.2.6.1 Oriëntering 193

4.2.6.2 Omgewingskontekste betrokke by wiskundeonderwys 194

4.2.6.3 Die onderrig-leerkonteks 196

4.2.6.4 Die wiskundeklaskamer as onderrig-leeromgewing en werkplek 200

4.2.6.5 Sintese 205

4.3 DOELTREFFENDE WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL: 'N SINOPSIS 205

4.4 SAMEVATTING 210

HOOFSTUK 5

IMPLIKASIES VAN 'N ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF VIR DIE VOORDIENS-DIDAKTIESE SKOLING VAN WISKUNDE-ONDERWYSERS 212

5.1 INLEIDING 212

5.2 DIE EMPIRIESE ONDERSOEKPROGRAM 213

5.2.1 Die doel van die empiriese ondersoek 213

5.2.2 Agtergrondskets van die opleidingsituasie 213

5.2.2.1 Die opleidingsinrigtings 213

5.2.2.2 Die opleidingskurrikulum 214

5.2.2.3 Die opleidingsmilieu 216

5.2.2.4 Die opleidingsfasiliteite en –konteks 216

5.2.2.5 Studente se gereedheid om aan die opname deel te neem 218

5.2.3 Die ondersoekmetodologie 219

5.2.3.1 Die navorsingsontwerp 219

5.2.3.2 Vraelyste 219

5.2.3.3 Onderhoude 220

5.2.3.4 Kwantitatiewe tegnieke 220

5.2.3.5 Triangulering 221

5.2.3.6 Toestemming 221

5.2.4 Die ondersoekpopulasie en –steekproef 221

5.2.5 Statistiese tegnieke 227

5.3 'N ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF OP DIE VOORDIENS-DIDAKTIESE SKOLING VAN WISKUNDE-ONDERWYSERS 229

5.3.1 Oriëntering 229

5.3.2 Begripsomskrywing 229

5.3.3 Die struktuur van die didaktiese skoling 230

5.3.3.1 Die komponente van die didaktiese skoling 230

5.3.3.2 *Die samehang van die komponente van die didaktiese skoling* *233*

5.3.4 Die implikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers 235

5.3.4.1 *Oriëntering* *235*

5.3.4.2 *Die samehangende aard van die voordiens-opleiding* *236*

5.3.4.3 *Die intensie van die voordiens-didaktiese skoling* *241*

5.3.4.4 *Die inhoud van die voordiens-didaktiese skoling* *247*

5.3.4.5 *Die persone en interaksie in die voordiens-didaktiese skoling* *257*

5.3.4.6 *Die konteks van die voordiens-didaktiese skoling* *263*

5.3.5 Algemene implikasies van 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers 268

5.3.5.1 *Inleiding* *268*

5.3.5.2 *'Oop'-response van die praktisyns [N=47]* *268*

5.3.5.3 *'Oop'-response van die studente [n=355]* *269*

5.3.5.4 *'Oop'-response van die dosente [N=26]* *272*

5.4 SPESIFIEKE BESKOUINGS OOR DIE WESENSTREKKE VAN SKOOLWISKUNDEONDERRIG 272

5.4.1 Oriëntering 272

5.4.2 Heersende beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig 273

5.4.2.1 *Die ondersoekmetodologie* *273*

5.4.2.2 *Bespreking van die resultate van die ondersoek* *278*

5.5 SAMEVATTING 306

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING, BEVINDINGS, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS 308

6.1 INLEIDING 308

6.2 KURSORIESE OORSIG 308

6.3 BEVINDINGS **309**

6.3.1 Teoretiese bevindings 309

6.3.1.1 Die onderrigteoretiese en skoolwiskundevlakke *309*

6.3.1.2 Die voordiens-didaktiese skolingsvlak van wiskundeonderwysers *312*

6.3.2 Empiriese bevindings 314

6.4 GEVOLGTREKKINGS **317**

6.4.1 Die onderrigteoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig 317

6.4.2 Die voordiens-didaktiese skolingsvlak van wiskundeonderwysers 317

6.5 AANBEVELINGS **319**

6.5.1 Die onderrigteoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig 319

6.5.2 Die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers 320

6.6 TERREINE VIR VERDERE ONDERSOEK **321**

6.6.1 Die onderrigteoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig 321

6.6.2 Die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers 322

6.7 SLOTWOORD **322**

BIBLIOGRAFIE **324**

BYLAES

Bylae A : Vraelys 350

Bylae B : Antwoordblad 372

Bylae C : Onderhoudskedule 375

Bylae D : Lys van onderhoude 382

Bylae E : Versoek tot toestemming vir die opname 385

Bylae F : Frekwensie-en-persentasietabelle met betrekking tot Afdeling B-resultate 391

LYS VAN FIGURE EN TABELLE

FIGURE

Figuur 1.1:	Fokuspunte van die ondersoekprogram	20
Figuur 2.1:	Model vir kognitiewe begeleiding van onderrig en leer	45
Figuur 2.2:	'n Ontologies-kontekstuele model van 'n onderrigsituasie	52
Figuur 2.3:	'n Lineêre proses-produkmodel van onderrig-leer	53
Figuur 2.4:	'n Nie-lineére model van die onderrig-leersamehang	58
Figuur 4.1:	Die komponente van die wiskundeonderwyser se kennisgeheel	165
Figuur 4.2:	Omgewingskontekste of ekostelsels betrokke by wiskunde-onderwys op skool	196
Figuur 5.1	Die komponente van die wiskundeonderwyser se voordiens-didaktiese skoling	230

TABELLE

Tabel 2.1:	Funksies in Gagné se onderrigprogram	26
Tabel 2.2:	'Effektiewe' onderrighandelinge	28
Tabel 3.1:	Aktiewe wiskundeonderrig in die primêre skool	97
Tabel 3.2:	Die Rosenshine-Stevensmodel vir doeltreffende onderrig	98
Tabel 3.3:	Die Suchman-ondersoekmodel	103
Tabel 3.4:	Denkprosesse betrokke by wiskundige ondersoeke	105
Tabel 3.5:	Die James-model vir ondersoekgerigte wiskundeonderrig	106
Tabel 3.6:	'n Werkkaart vir gebruik by die onderrig van breuke	116
Tabel 4.1:	Voorbeelde van hoe die leerfunksies in skoolwiskunde geïnisieer kan word	180
Tabel 5.1:	Ondersoekpopulasie en steekproef van studente	222
Tabel 5.2	Ondersoekpopulasie en steekproef van dosente	222
Tabel 5.3:	Biografiese gegewens van die proefpersone	224

Tabel 5.4: Frekwensies en persentasies ten opsigte van rolmodelle vir skool-wiskundeonderrig (Item A10) by studente, dosente en praktisyns 237

Tabel 5.5: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die geheelaard van die opleiding 240

Tabel 5.6: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die doel van die didaktiese skoling 244

Tabel 5.7: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die akademiese en professionele doel van die didaktiese skoling 246

Tabel 5.8: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die praktykrelevansie van die didaktiese skolingsinhoud 250

Tabel 5.9: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die kenniskomponent van die didaktiese skolingsinhoud 251

Tabel 5.10: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die vaardigheidskomponent van die didaktiese skolingsinhoud met betrekking tot die leertoestande en –konteks in wiskundeklasse 254

Tabel 5.11: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die vaardigheidskomponent van die didaktiese skolingsinhoud rakende algebra- en meetkundeonderrig 256

Tabel 5.12: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die dosent in die didaktiese skolingsituasie 260

Tabel 5.13: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die interaksie in die didaktiese skolingsituasie 262

Tabel 5.14: Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die evalueringskonteks in die didaktiese skolingsituasie 266

Tabel 5.15: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'DOEL' 279

Tabel 5.16: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'DOEL' 280

Tabel 5.17: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'DOEL' 281

Tabel 5.18: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'DOEL' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 281

Tabel 5.19: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'DOEL" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 282

Tabel 5.20: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'ONDERWYSER' 283

Tabel 5.21: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'ONDERWYSER' 285

Tabel 5.22: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'ONDERWYSER' 285

Tabel 5.23: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'ONDERWYSER' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 286

Tabel 5.24: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'ONDERWYSER" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 287

Tabel 5.25: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'LEERDER' 288

Tabel 5.26: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'LEERDER' 289

Tabel 5.27: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'LEERDER' 290

Tabel 5.28: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'LEERDER' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 290

Tabel 5.29: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'LEERDER" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 291

Tabel 5.30: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'INTERAKSIE' 292

Tabel 5.31: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'INTERAKSIE' 293

Tabel 5.32: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'INTERAKSIE' 294

Tabel 5.33: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INTERAKSIE' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 294

Tabel 5.34: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INTERAKSIE" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 295

Tabel 5.35: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'INHOUD' 296

Tabel 5.36: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'INHOUD' 298

Tabel 5.37: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'INHOUD' 298

Tabel 5.38: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INHOUD' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 299

Tabel 5.39: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INHOUD" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 300

Tabel 5.40: Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'KONTEKS' 301

Tabel 5.41: Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'KONTEKS' 303

Tabel 5.42: Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'KONTEKS' 304

Tabel 5.43: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'KONTEKS' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges 304

Tabel 5.44: Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'KONTEKS" vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings 306

HOOFSTUK 1
PROBLEEMSTELLING EN ONDERSOEKPROGRAM

1.1 INLEIDING EN ORIËNTERING

Die Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing (RGN) het in 1988 'n ondersoek na prioriteite in onderwysnavorsing in die RSA afgehandel. Ten opsigte van primêre en sekondêre onderwys is die onderrig van wiskunde, natuurwetenskappe en tale as belangrike areas aangedui. Dit word benadruk dat aksies ter oplossing van die probleme van primêre en sekondêre onderwys van uiterste belang is. In die besonder verdien die doeltreffendheid van wiskundeonderrig en die opleiding van onderwysers om dit uit te voer, nog verdere ondersoek (RGN, 1988). Suid-Afrika se swak prestasie in die "Third International Mathematics and Science Study" (TIMSS) (Howie, 1997:32-40), asook die swak 1997-matriekuitslae in Suid-Afrika, in die besonder in die Noordwesprovinsie (kortweg: Noordwes), en die besorgdheid van alle belanghebbende partye daaroor, in die besonder ten opsigte van wiskunde, is 'n duidelike aanduiding dat die situasie sedert die voormelde RGN-ondersoek nie wesenlik verbeter het nie (vergelyk Departement van Onderwys: Noordwesprovinsie, 1998:3-5).

Die doeltreffendheid van wiskundeonderrig op skool is sedert die middel van die sewentigerjare intensief bestudeer. Kenmerke van sodanige onderrig is ondersoek en uitgebreide onderrigmodelle is op grond van dié navorsing ontwikkel (vergelyk Gunter, Estes & Schwab, 1995:73-78; Rosenshine & Stevens, 1986:376-378). Navorsing in hierdie verband bevind egter dat daar steeds ernstige leerprobleme by wiskundeleerlinge voorkom - ten spyte van die toepassing van sodanige modelle deur goed opgeleide onderwysers (vergelyk Carpenter & Peterson, 1988; Hiebert & Carpenter, 1992; Koehler & Grouws, 1992; Prawat, 1992; Schoenfeld, 1988, 1992).

Leerlinge kan byvoorbeeld standaardprosedures en –tegnieke, sonder begrip en die vermoë tot oordrag na nuwe probleemsituasies, demonstreer of nadoen (Barnard, 1989:3-16; Cobb, 1988:91). Cobb (*ibid.*) verklaar hierdie verskynsel aan die hand van sy bevinding dat:

> "... students who complete the tasks successfully in the context of direct instruction cannot be said to have *taken in the knowledge* the teacher *believes* he or she has *transmitted*. Rather, the students have

> *found a way of acting* that is compatible with the teacher's expectations about the outcomes of instruction." (Klem deur HDN.)

"Direct instruction" (direkte onderrig) dui op die kern van die onderwyser se *aktiewe* onderrighandelinge (onderrig-gewing) tydens onderrigverloop soos dit (veral) in proses-produknavorsing aangedui word (Rosenshine & Stevens, 1986:378).

'n Oorsig van resente toepaslike navorsing bring Cobb (1988:97) verder tot die gevolgtrekking dat:

> "... the children increasingly did arithmetic in two separate contexts. They had constructed *self-generated methods* that expressed their concepts and used these to solve mathematical problems in non-school settings. These contrasted with *their versions of academic, school arithmetic procedures* that were *not connected* to their self-generated methods and, at best, expressed alternative, highly figurative concepts." (Klem deur HDN.)

Hieruit is dit duidelik dat 'n toestand van *gesplete* of *digotomiese vakbelewing* ontwikkel het: leerlinge skei die formele (skoolse) en die informele ('eie') prosedures op 'n begriplose (verband-) wyse. Die voorkoms van verkeerde en ontoepaslike 'wiskundige' response in probleemsituasies neem gevolglik toe. Die oorsig van Cobb (1988) en Schoenfeld (1988, 1922) se bevindings toon dat dít by leerlinge in die primêre, sowel as die sekondêre skool voorkom. Verder word leerlinge afhanklik van *eksterne outoriteit* (soos die onderwyser, antwoordsleutels en dies meer) om die aanvaarbaarheid, al dan nie, van hulle antwoorde of oplossings te bevestig (Cobb, 1988:99).

Hier te lande (soos in die res van die wêreld) word algemeen aanvaar dat leerlinge die volgende basiese wiskundige begrippe en prosedures in die senior primêre en junior sekondêre skoolfases tot so 'n mate behoort te bemeester, dat hulle dit in die oplos van alledaagse 'wiskundige' probleemsituasies kan toepas:

> Die vier hoofbewerkings, bewerkingsprioriteit, bewerkings met gewone en desimale breuke, begrip en manipulasie van plekwaarde, verhouding en persentasie, substitusie, oplos van vergelykings en die toepassing van oplos-strategieë om probleme op te los (vergelyk byvoorbeeld Barnard, 1989).

'n Omvattende ondersoek onder 'n verteenwoordigende steekproef standerd 9-leerlinge, wat wiskunde as vak in Suid-Afrikaanse skole neem, toon egter 'n tendens

dat hierdie leerlinge steeds ernstige probleme ondervind om hierdie begrippe en prosedures korrek toe te pas (Barnard, 1989:3-16).

Die oorsprong van die onderrig-leerproblematiek wat ervaar word, word allerweë na die *onderrig* van die betrokke leerinhoude teruggevoer. Sternberg (1986:378) vra byvoorbeeld waarom die onderrigpraktyk en die toepassing van bekende leerbeginsels so dikwels nie aansluiting vind nie en kom tot die volgende algemene gevolgtrekking:

> "Perhaps the single greatest source of disappointment in the application of cognitive principles to educational practice is the *absence of an instructional theory* to mediate the link between cognitive theory, on the one hand, and educational practice, on the other. ... The instructional theory should specify means by which instructional material that draws upon cognitive principles is to be conveyed." (Klem deur HDN.)

Die ontwikkeling van 'n onderrigteorie, in die besonder 'n wiskundeonderrigteorie, is dus 'n belangrike vertrekpunt tot die oplos van die problematiek wat ervaar word (Nickson, 1988:250-251). Hierdie teorieë is op navorsingsprogramme gebaseer, wat weer deur bepaalde paradigmas gerig word (Cooney, Grouws & Jones, 1988:260). In ooreenstemming met Shulman (1986:4) word 'paradigma' hier in die sin van *'n onderliggende denkraamwerk wat die aanvaarde ondersoekprogram bepaal en rig*, gebruik (vergelyk ook Corno, 1988:182).

In die besonder is die *onderrigbeskouing* wat die (wiskunde-) onderwyser huldig 'n belangrike faktor wat in berekening gebring moet word (Cobb, 1988:99; Romberg & Carpenter, 1986:850; Stevens & Wenner, 1996:2). *'Onderrigbeskouing' dui op die beskouing oor wat die onderrigverskynsel en die onderrig-leersamehang behels.*

Die begrip *onderrig* is nie 'n enkelvoudige begrip nie: dit dui op 'n samehang van menslike en intermenslike handelinge wat integrerend deel van die komplekse onderrig-leergebeure is (kyk 2.4 in hierdie verband). Gevolglik bestaan daar 'n wye spektrum van beskouings oor wat *onderrig* en *doeltreffende onderrig* is. Daar is byvoorbeeld verskillende beskouings oor die doel van onderrig, die onderrig-leerverband en die aard van die deelname van die belanghebbende persone in die onderrigsituasie. Fundamentele vertrekpunte (waaronder lewens-, mens- en werklikheidsbeskouing) bepaal onder andere die beskouing wat deur 'n onderwyser of navorser oor hierdie kernvrae gehuldig word.

Om hierdie kernvrae te kan beantwoord, is dit nodig dat van die onderrigverskynsel self uitgegaan word om die wesenstrekke daarvan te bepaal (Fenstermacher,

1986:37; Van Dyk *in* Fowler, Van Brummelen & Van Dyk, 1990:155-156; Steyn, 1988a:246). Vereistes waaraan ten opsigte van die wesenstrekke, afsonderlik en in samehang, voldoen moet word om doeltreffende onderrigverloop moontlik te maak, behoort vervolgens afgelei te word. Die inkleding van die 'didaktiese skoling' van onderwysers om hulle tot die ontwerp en implementering van doeltreffende onderrigverloop toe te rus, behoort dan hierop gebaseer te word. 'n *Ontologies-kontekstuele* onderrigbeskouing en navorsingsprogram word dus veronderstel (kyk 2.2.3.2 en 2.4).

Hierdie ondersoek is gevolglik aan die hand van geïdentifiseerde wesenstrekke van onderrig en doeltreffende onderrig uitgevoer. Daar is naamlik telkens oor 'n bepaalde wesenstrek van wiskundeonderrig besin, waarna vereistes waaraan voldoen moet word om doeltreffende onderrigverloop moontlik te maak, bepaal is. Ten slotte is implikasies hiervan vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers bepaal. (Vergelyk ook die bespreking in 2.4 in hierdie verband.)

Die sentrale probleemstelling waarop hierdie ondersoek gemik is, word vervolgens toegelig.

1.2 PROBLEEMSTELLING EN -BEREDENERING

Die onderrig- en onderrignavorsingsterrein is die afgelope sowat twee dekades oorheers deur die proses-produkbeskouing oor onderrig, wat sterk humanisties van aard is (kyk 2.2.2.3). Die voortvloeiende onderrigteorie gaan mank aan 'n eng meganistiese mensbeskouing (Steyn, 1988b:159). Söhnge (in Duminy & Söhnge, 1986:12-14) toon ook aan dat so 'n onderrigbeskouing empiristies en positivisties verskraal is. (Die moontlikhede en beperkings van hierdie beskouing word in die volgende hoofstukke in diepte bespreek.) Navorsing bevestig dan ook dat die problematiek wat met betrekking tot wiskundeonderrig ondervind word, juis toe te skryf is aan die leemtes in die grondliggende proses-produkbeskouing oor onderrig (vergelyk Carpenter & Peterson, 1988:81; Corno, 1988:188; Prawat, 1992:357-358; kyk ook die voorgaande bespreking by 1.1). Cobb (1988:89) bevind byvoorbeeld dat proses-produkdenke aanleiding gee tot die huldiging van 'n *voorskriftelike inhoudoordragbeskouing* oor wiskundeonderrig, en dat so 'n onderrigbeskouing aanleiding gee tot die probleme wat ervaar word (kyk ook 2.2.2.3).

In Suid-Afrika toon die skoolonderrigterrein duidelike proses-produktrekke (Steyn, 1988a:251); wiskundeonderrig spring dit ook nie vry nie (vergelyk Baxter, 1995:77, 82-83). Hierdie ondersoek fokus daarom op die vestiging, al dan nie, van sodanige voorskriftelike inhoudoordragbeskouing by voordiens-wiskundeonderwysers in Suid-Afrika, in die besonder Noordwes, tydens hulle 'didaktiese skoling'.

Prominente skrywers bepleit die vestiging van 'n *konstruktivistiese* onderrigbeskouing by wiskundeonderwysers (Cobb, 1988:89; Prawat, 1992:355-358; kyk ook die bespreking by 2.2.3.3). Die wiskundeonderrig hier te lande kom dan ook sedert die middel tagtigerjare sterk onder die invloed van die konstruktivisme, soos die dokumente rakende *Kurrikulum 2005* byvoorbeeld toon (Nasionale Departement van Onderwys, 1997:7,27; vergelyk ook Adler, 1991; Du Toit, 1991; Glencross, 1991b; Olivier, Murray & Human, 1989; WGSA, 1988; Werkkomitee vir Wiskunde, st. 2-4, 1990).

Shulman (1986:15) toon egter aan dat beskouings wat uit die proses-produktradisie ontspring het, steeds beperk word deur 'n korrelatiewe benadering tot die onderrig-leersamehang en doeltreffendheid van onderrig.

Volgens Steyn (1988a:245) sluit hierdie beperkings onder andere in dat daar 'n noue band met die behaviorisme bestaan, waardeur onderrig gereduseer word tot 'n manipulasie van insetstimuli om voorspelbare en meetbare uitsetresponse by leerders te veroorsaak. Dié beskouing(s) toon ook 'n onvermoë om die kompleksiteit van die klaskamergebeure raak te vat. Steyn wys verder daarop dat die eksperimentele basis van die beskouing(s) oorbeklemtoon word en wel ten koste van didakties-teoretiese vertrekpunte. Soos Fenstermacher (1986) wys hy op 'n 'ingenieurs'- of meganiese, eerder as 'n teoreties-gefundeerde benadering wat binne hierdie navorsingstradisie gevolg word en voeg tereg by: "Die beste didaktiese teorie is nie noodwendig dié wat die leerproduk[1] die beste voorspel en bereiking daarvan beheer nie." Fenstermacher (1986) en Steyn (1988a&b) argumenteer dat 'n *ontologies-kontekstuele* beskouing oor onderrig eerder gevestig behoort te word (kyk ook 2.2.6 en 2.4).

Van Dyk toon die belangrike rol van die klaskamer (die leerwêreld as prototipe van die leefwêreld) met betrekking tot die doeltreffende verloop van onderrig aan (Van Dyk *in* Fowler *et al.*, 1990:156). Hierin vind hy dus aansluiting by die navolgers van 'n klaskamerekologiese beskouing oor onderrig (Shulman, 1986:18; kyk ook 2.2.3.3).

Dit is verder so dat elke onderrigbeskouing 'n blik op die onderrigwerklikheid vanuit 'n sekere hoek verteenwoordig. Hoewel die verskillende beskouings op verskillende wesenstrekke ('elemente') van onderrig fokus, moet hierdie verskille as komplemen-

---

[1] Dit wil voorkom asof die terme 'leerproduk' en 'leeruitkoms' in Afrikaanse onderrig-leer-literatuur as ekwivalente wisselvorme van die Engelse term "learning outcome" gebruik word. Vanweë die *prosesmatige* beskouings wat oor onderrig en leer gehuldig word, word voorkeur aan die term 'leeruitkoms' gegee.

terende perspektiewe op onderrig, eerder as teenstrydighede of anomalieë beskou word (Bauersfeld, 1988:38-40). Om 'n meer omvattende greep op die onderrig-werklikheid te verkry, is dit nodig dat die 'komplementerende waarheidstrekke' van die verskillende beskouings op 'n verantwoordbare en geïntegreerde wyse tot 'n begronde beskouing oor onderrig saamgesmee word, tot wat Shulman (1986:4) 'n 'hibriede' beskouing noem. Sodanige samestelling van die 'waarheidstrekke' van verskillende onderrigbeskouings tot sodanige begronde beskouing oor onderrig verdien daarom ondersoek (Cooney *et al.*, 1988:260; Shulman, 1986:4). Hierdie ondersoek is op die formulering van sodanige ontologies-kontekstueel begronde beskouing oor doeltreffende onderrig gerig, in die besonder ten opsigte van wiskundeonderrig.

Soos in 1.1 gestel, lê die vertrekpunt tot die oplos van genoemde onderrig-leer-problematiek op die terrein van onderrigbeskouings, in die besonder op die terrein van wiskundeonderrig. Hiervoor is 'n verrekening van fundamentele oorwegings noodsaaklik; bepaalde Skrifmatige perspektiewe gee op 'n integrale of 'organiese' wyse sin en rigting aan die verrekening.

Toonaangewende navorsers toon dat 'n grondige herbesinning van die *doel* van wiskundeonderrig noodsaaklik is alvorens daar met die onderrig-leerproblematiek, wat ervaar word, vordering gemaak kan word (Carpenter & Peterson, 1988:84). Uit 'n oorsig van verskillende onderrigbeskouings is dit duidelik dat die *onderrig-leersame-hang* een van die kardinale veranderlikes is wat in die formulering van 'n begronde onderrigbeskouing verreken moet word. 'n Ondersoek na die samehang van onderrig en leer in die algemeen, sowel as in vakverband, is dus noodsaaklik.

Wanneer vakonderwysers vanuit 'n sekere onderrigbeskouing opgelei word, is daar min twyfel dat hulle eie onderrigpraktyk daardeur gerig kan word (Carter, Carré & Bennett, 1993:91-92; Feiman-Nemser & Floden, 1986:523; Hewson & Hewson, 1987:426). Trouens, die wyse waarop bepaalde veranderlikes (soos onderwyser, leerder, kurrikulum, milieu en konteks) in die opleiding van onderwysers verreken word, beïnvloed die vorming van onderwysers-in-opleiding se beskouing(s) oor onderwys, in die algemeen, en onderrig, in die besonder (Brousseau, Book & Byers, 1988:33; vergelyk ook McDiarmid, 1990). Die begronde beskouing oor (wiskunde-) onderrig, en die doeltreffendheid daarvan, waartoe in hierdie ondersoek gekom is, hou gevolglik direkte implikasies in vir die opleiding van onderwysers, en in die besonder van wiskundeonderwysers. Die fokus is spesifiek op die implikasies vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers tot die doeltreffende skool-wiskundeonderrig geplaas.

Die probleemvrae wat hierdie ondersoek rig, lê op twee duidelike vlakke, naamlik:

Onderrigteoretiese vlak:

- Wat is die wesenstrekke en samehange van 'n ontologies-kontekstueel begronde beskouing oor onderrig en waaraan moet hierdie wesenstrekke en samehange voldoen om doeltreffende onderrig moontlik te maak?
- Wat is die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig op skool en hoe behoort hierdie onderrig vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief te verloop?

Onderwysersopleidingsvlak:

- Wat is die implikasies van die ontologies-kontekstueel begronde beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers vir die senior primêre en die sekondêre skoolfases?

1.3 DOEL VAN DIE ONDERSOEK

Die doel van hierdie ondersoek is:

1.3.1 Om te bepaal wat die wesenstrekke en die samehange van 'n ontologies-kontekstueel begronde beskouing oor onderrig is en waaraan hierdie wesenstrekke en samehange moet voldoen om doeltreffende onderrig moontlik te maak;

1.3.2 Om te bepaal wat die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig op skool is en hoe hierdie onderrig vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief behoort te verloop;

1.3.3 Om te bepaal wat die implikasies van die ontologies-kontekstueel begronde beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers vir die senior primêre en die sekondêre skoolfases is.

1.4 TERREIN VAN DIE ONDERSOEK

In sy breedste verband lê hierdie navorsing binne die terrein van die Didaktiese Opvoedkunde, wat as kern die studie van onderrig-leer as wyse van opvoeding het. In die besonder is die fokus op onderrigteoretiese vraagstukke rondom onderrig-paradigma en die aard en doel van onderrig gerig. In die besonder vorm die terrein

van doeltreffende wiskundeonderrig en die toepaslike onderwysersopleiding die spesifieke toepassingskonteks van die ondersoek.

Leerteoretiese navorsing speel 'n funksionele rol ten opsigte van die ondersoek van die onderrig-leerverband en die bestudering van die hoedanighede en rolle van die wiskundeonderriggewer en -leerder.

Voordat die ondersoekmetode uitgespel word, word enkele algemene verband-houdende en rigtingbepalende aspekte van opvoedkundige navorsingsmetodologie eers toegelig.

1.5 ASPEKTE VAN OPVOEDKUNDIGE NAVORSINGSMETODOLOGIE

1.5.1 'n Perspektiefstelling ten opsigte van die metodologie in hierdie ondersoek

Dit is ten aanvang nodig om 'n sekere perspektief op die metodologie wat tydens die literatuurstudie en die teoretiese modelbou ter sprake is, toe te lig.

Daar is reeds daarop gewys dat die onderrigverskynsel vanuit verskillende hoeke deur sekere denkskole of navorsingsgemeenskappe belig word (kyk 1.2). Elke program verloop streng volgens eie 'interne kriteria' (die norme en standaarde wat binne die betrokke navorsingsgemeenskap as nodig en voldoende geag word). Daar kan dus redelikerwys aanvaar word dat die resultate waartoe gekom word relevante en relatief betroubare en geldige (en dus relatief waardevolle) inligting oor die onderrigverskynsel lewer (Feiman-Nemser & Floden, 1986:508; Miller & Fredericks, 1991:4; Shulman, 1986:14). Hierdie inligting hoef egter op sigself nog nie 'praktiese sigwaarde' te hê nie (Leinhardt, 1990:18). Daarby is die onderrigparadigmas wat die onderskeie ondersoekprogramme rig ook so uiteenlopend, dat die resultate slegs met groot omsigtigheid met mekaar in verband gebring kan word.

Uit 'n oorsig van gesaghebbende literatuur (waaronder werke van Aristoteles, Kant, Hume en onlangs Green, Shavelson, Buchmann, Feiman-Nemser en Eisner) rig Fenstermacher (1986:43) 'n waarskuwende woord in hierdie verband:

> "Not by merger, reduction, or synthesis of quantitative and qualitative methods. Nor by custodial forays into each of the methodological camps to clean up errors and sins. Rather, *methodological pluralism* becomes a feasible and justified position when clear distinction is made between the production or generation of knowledge, and the application of knowledge." (Klem deur HDN.)

Inligting uit 'n verskeidenheid tersaaklike bronne moet dus eers op een of ander kritiese wyse verwerk word om bruikbaar te wees. Dit kan slegs gedoen word as die duidelike onderskeid tussen teoretiese kennisproduksie en die praktiese toepassing daarvan voor oë gehou word. Fenstermacher (1986:45) motiveer die argument ten gunste van sodanige onderskeiding soos volg:

> "One of the key reasons I argue for a clear distinction between research and practical reasoning is *as a means of preserving the value and force of experience, ethics, passion, and so forth in the work of teachers*." (Klem deur HDN.)

Navorsing en die daaruitvloeiende resultate moet in terme van die program se eie 'interne kriteria' vertolk en beoordeel word, met inagneming van beperkings waaraan die ondersoekprogram mank mag gaan (soos fundamentele denkfoute en anomalieë, teenstrydighede, metodologiese beperkings, ensovoorts). Eers dáárna kan voortgegaan word om die resultate van die verskillende programme met mekaar in verband te bring (vergelyk ook die argumentasie van Walberg, 1986).

Onderrignavorsing het betekenis en implikasie vir die praktyk in die mate waartoe dit in verband gebring kan word met die praktiese denke ("practical wisdom", "wisdom of practice") van onderrigpraktisyns. Die oortuigings en praktiese argumente van onderwysers waarop onderrighandelinge gebaseer word, word byvoorbeeld bevestig, verwerp, verander of gevestig. Die praktisyns behoort ook deur navorsing ondersteun te word in die identifisering en formulering van die praktiese argumente wat hulle onderrighandelinge ten grondslag lê, asook dié wat logieserwys uit die resultate van 'n bepaalde program volg. Normatiewe aspekte van opvoeding, onderwys en onderrig behoort 'n belangrike rol ten opsigte van die vertolking en beoordeling van die praktiese denke en handelinge van praktisyns te speel (Fenstermacher, 1986:43-44,46; Miller & Fredericks, 1991:6; vergelyk ook die argumentasie in Leinhardt, 1990).

In hierdie ondersoek is eerstens gepoog om deur 'n proses van literatuurstudie en teoriebou in die lig van voormelde perspektief tot 'n begronde en geïntegreerde beskouing oor doeltreffende onderrig te kom, in die besonder van skoolwiskunde.

Dit is egter nie vanselfsprekend dat die resulterende kennis vir die betrokke praktyk betekenis sal hê nie. Praktiese denke moet eers in so 'n mate daardeur beïnvloed word dat doeltreffender onderrig moontlik gemaak word. Om die uiteindelike doel van praktykverbetering te bereik, moet die betrokke praktykvelde noodwendig *in samewerking met die betrokke praktisyns* betree word. Dít val egter buite die bestek van

hierdie ondersoek en gevolglik is die fokus slegs op *implikasies* vir dié praktyke waarop praktiese argumente dan gegrond kan word.

Vervolgens word twee hoofstrome van opvoedkundige ondersoek nader toegelig.

1.5.2 Kwantitatiewe ondersoek

Kwantitatiewe opvoedkundige navorsingsmetodes is uit die fisiese en biologiese wetenskappe, waar prosesse en verskynsels aan natuurwette of (relatief) vaste wetmatighede onderhewig is, afgelei (Borg, Gall & Gall, 1993:193-194). Volgens Linn (1986:92) word dit gewoonlik met sistematiese meting, eksperimentele en kwasi-eksperimentele metodes, statistiese ontleding en wiskundige modelle geassosieer. As sodanig berus kwantitatiewe ondersoeke op vier positivistiese aannames (Borg & Gall, 1989:18-20), naamlik:

- Teoretiese hipoteses ('kennis-aansprake') kan deur objektiewe en neutrale waarneming van die werklikheid aanvaar of verwerp word.
- Waarneming met die doel om die geldigheid (waar-heid) van hipoteses te toets, kan waarde-vry gedoen word.
- Die toets van hipoteses is beperk tot waarneembare verskynsels – dit wil sê die waarheid van kennisaansprake kan slegs op grond van waarneembare getuienis beoordeel word.
- In die algemeen is die werklikheid nie-strydig ("consistent") oor opset en tyd heen; dit wil sê die waarheid, al dan nie, van kennisaansprake is onafhanklik van die opset waarin of die tyd waarop dit getoets is.

Op grond van hierdie aannames word kwantitatiewe ondersoekmetodes deur vaste prosedures, wat eksak en met matematiese presisie in syfermaat beskryf en vertolk word, gekenmerk. Byvoorbeeld, as 'die verskil van die gemiddeldes van twee stelle data gedeel deur die grootste van die twee standaardafwykings' groter of gelyk aan 0,8 is, dan verskil die twee situasies wat deur die onderskeie datastelle voorgestel word, *prakties betekenisvol* (kyk die bespreking van 'effekgroottes' in hoofstuk 5).

In ooreenstemming met die streng positivistiese inslag daarvan word die volgende pertinente vereistes aan kwantitatiewe navorsing gestel (Borg *et al.*, 1993:7-8):

- *Objektiwiteit*: Die ondersoekprosedure moet duidelik uiteengesit word sodat ander navorsers dit op dieselfde wyse kan uitvoer. Verder moet die uitkoms van die navorsing nie deur voorkeure van die navorser beïnvloed word nie.

- *Veralgemeenbaarheid*: Steekproewe moet verteenwoordigend van populasies gekies word, sodat die uitkomste ten opsigte van die steekproef ook op die populasie van toepassing gemaak kan word.
- *Herhaalbaarheid*: Navorsing moet sodanig uitgevoer en gerapporteer word dat ander navorsers by herhaling van die ondersoekprosedures soortgelyke uitkomste sal verkry.

Die kompleksiteit van opvoedkundige situasies, wat kwantitatief ondersoek kan word, vereis dat 'n verskeidenheid vorme van kwantitatiewe navorsing in Opvoedkunde-navorsing gebruik word. Volgens Borg en Gall (1989:331) kan kwantitatiewe opvoedkundige navorsing in twee klasse verdeel, naamlik:

- *Beskrywende ondersoeke*, wat primêr op die 'wat is'-vraag ingestel is; hiertoe word waarnemings- en veldondersoeke dikwels gebruik. Byvoorbeeld, hierdie ondersoek berus op 'n veldondersoek waarin vraelyste gebruik is om sekere persone se beskouings oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan te ondersoek; asook hulle persepsies van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in Noordwes (kyk 1.6, 5.2 en 5.4).
- *Oorsaaklike verwantskapondersoeke*, wat op die ontdekking van oorsaaklike verbande ingestel is. Borg en Gall (1989:331-332) onderskei vier subklasse ondersoeke in hierdie klas, naamlik:
  * *Oorsaaklik-vergelykende* ondersoeke, waartydens moontlike oorsake van bepaalde verskynsels ondersoek word deur subjekte, waarin 'n eienskap teenwoordig is, te vergelyk met subjekte, waarin dit nie of tot 'n geringer mate die geval is. Byvoorbeeld, op hierdie wyse kan bepaal word of daar 'n verband tussen wiskundeangs en wiskunde-prestasie bestaan, maar nie of die een die ander veroorsaak nie.
  * *Korrelasie*-ondersoeke, waartydens gepoog word om verwantskappe te ontdek of te beskryf deur korrelasiekoëffisiënte te bereken. In hierdie ondersoek is ooreenkomste en verskille tussen groepe se beskouings oor bepaalde aspekte van doeltreffende skoolwiskunde-onderrig byvoorbeeld aan die hand van sekere korrelasieindekse ondersoek (kyk 1.6, 5.2 en 5.4). Soos vergelykende ondersoeke kan hierdie ondersoeke die bestaan van 'n verband bevestig, maar nie die 'rigting' daarvan nie.

* *Eksperimentele* ondersoeke, waartydens oorsake vir verskynsels in gekontroleerde omstandighede ondersoek word deur 'n 'behandeling'-veranderlike te manipuleer. Byvoorbeeld, die vraag of 'n spesifieke tipe voordiens-didaktiese skolingsprogram tot 'gewenste' beskouings oor skoolwiskundeonderrig aanleiding gee, kan op hierdie wyse ondersoek word: 'n eksperimentele groep studente kan aan sodanige program onderwerp word en hulle beskouings met die aanvang en aan die einde van die program met dié van 'n kontrole groep, wat die 'normale' program gevolg het, vergelyk word. Sorg moet egter gedra word dat, buiten die opleidingsprogram, die twee groepe studente en die opleidingstoestande in alle opsigte ekwivalent is en hanteer word. Sodanige ondersoek is egter in die konteks van die doelstellings van hierdie ondersoek nie paslik nie; vanweë die diversiteit in hierdie opsig in Noordwes sou dit ook moeilik wees om geskikte kontrolemaatreëls toe te pas (kyk 5.2.2).

In kwantitatiewe ondersoeke gebruik navorsers meetinstrumente om inligting in te samel. Byvoorbeeld, in hierdie ondersoek is vraelyste en onderhoude gebruik (kyk 1.6, 5.2 en 5.4). Instrumente moet aan aan die volgende vereistes voldoen (De Wet, Monteith, Steyn & Venter, 1981:131-151):

- *Betroubaarheid*, wat die mate van konsekwentheid of akkuraatheid waarmee die instrument meet, aandui. 'n Betroubare vraelys behoort dus by herhaalde toepassing in ekwivalente omstandighede ooreenkomstige resultate te lewer. Betroubaarheid hou dus ten eerste met die herhaalbaarheid, maar ook met die objektiwiteit, van die van ondersoeke verband.

- *Geldigheid*, wat die mate waartoe 'n instrument tot die bereiking van die doel van 'n spesifieke ondersoek bydra, aandui. 'n Geldige vraelys meet dus wat dit veronderstel is om te meet: inligting waarsonder die doel van 'n spesifieke ondersoek nie bereik kan word nie. 'n Doel van hierdie ondersoek was om sekere dosente, studente en praktisyns se beskouings oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan, te bepaal; daarom is items wat met spesifieke sodanige beskouings verband hou, in Afdeling B van die betrokke vraelys gebruik (kyk Bylae A). Geldigheid hou dus ook met die herhaalbaarheid, maar ook met die veralgemeenbaarheid van die van ondersoeke verband.

  'n Spesifike instrument kan op verskillende wyse tot die bereiking van die doel van die ondersoek bydra (De Wet *et al.*, 1981:146-149). Eerstens, behoort die

instrument die hele veld te dek wat dit moet meet; hierdie aspek bepaal die *inhoudgeldigheid* ("content validity") van die instrument. Tweedens, behoort die instrument konstrukte aan te dui wat waarskynlik tot die uitkoms van die meting bydra; dit bepaal die konstruk- of operasionele geldigheid ("construct validity") van die instrument. Derdens, kan 'n instrument (toets) gebruik word om toekomstige prestasie ten opsigte van 'n bepaalde kriterium te voorspel; dit bepaal die *voorspellingsgeldigheid* daarvan.

Sonder 'n sekere mate van betroubaarheid is daar nie sekerheid oor die mate waarin 'n instrument tot die bereiking van die ondersoekdoel bydra nie. In dié sin impliseer onbetroubaarheid dus 'n mate van ongeldigheid; geldigheid is dus 'n voorwaarde vir betroubaarheid. Die omgekeerde is egter *nie* waar nie, want 'n instrument kan inligting konsekwent meet sonder dat hierdie inligting noodsaaklik vir die bereiking van die ondersoekdoel is.

- *Objektiwiteit*, wat die mate waarin 'n spesifieke instrument tot die nie-sydigheid van 'n ondersoek bydra, aandui (kyk hierbo).
- *Diskriminasiewaarde*, wat die mate waarin 'n instrument gebruik kan word om verskille tussen groepe te onderskei, aandui.
- *Bruikbaarheid*, wat deur ekonomie in terme van geld en tyd, eenvoud van administrasie en gereedheid vir interpretasie bepaal word.

Ten einde kwantitatiewe inligting te interpreteer en te gebruik, word verskillende statistiese tegnieke gebruik (Borg & Gall, 1989:336-337). Hieronder tel beskrywende statistiek, soos dié wat in hierdie ondersoek gebruik is (kyk 5.2.5, 5.3.4 en 5.4.2.2), maar ook inferensiële en toetsstatistieke, soos dié wat in 5.4.2.2 gebruik is.

1.5.3 Kwalitatiewe ondersoek

Kwalitatiewe navorsing het sedert die begin van die sewentigerjare uit sosiale en gedragwetenskaplike navorsing ontwikkel (Borg & Gall, 1989:380). Dit berus op 'n post-positivistiese naturalistiese perspektief van die mens, sy handelinge en sy omgewing (Linn, 1986:92). Die fokus in kwalitatiewe navorsing is daarop gerig om individue en verskynsels in die menslike milieu in hul natuurlike staat te verstaan, met inagneming van die betrokke holistiese konteks (Borg *et al.*, 1993:194). In navolging van Borg en Gall (1989:385-387) word verdere algemene kenmerke van kwalitatiewe ondersoeke soos volg saamgevat (vergelyk ook Erickson, 1986:120-122; Peshkin, 1993:24-28):

- *Mense* is die primêre 'instrumente' vir die insameling van inligting, aangesien 'nie-menslike' meetinstrumente nie soepel genoeg is om by die komplekse en dinamiese ondersoeksituasie aan te pas nie, asook om voorkeure wat uit die interaksie en waardeverskille tussen 'instrument' en subjek mag spruit, te identifiseer en verreken. Ter wille van betroubaarheid en akkuraatheid word aanvullende inligting egter dikwels met meer objektiewe instrumente, soos vraelyste, ingesamel en met die kwalitatiewe inligting in verband gestel. Die omgekeerde is ook moontlik: kwalitatiewe inligting uit 'mensbronne' kan gebruik word om die beperkings van nie-menslike instrumente aan te vul, soos in hierdie ondersoek gedoen is (kyk 1.6, 5.2.5, 5.3.4 en 5.4.2). In hierdie ondersoek is die omgekeerde ook waar: inligting oor persone se beskouings oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig is kwantitatief gemeet en vergelyk, terwyl die ingesamelde kwalitatiewe inligting oor die opleidingsituasie gebruik is om die resultate in perspektief te plaas en te verklaar.
- *Kwalitatiewe ondersoekprosedures*, wat by die diversiteit van 'veelvuldige werklikhede' in die komplekse en dinamiese ondersoeksituasie pas, geniet voorrang. Byvoorbeeld, in hierdie ondersoek moes 'n beeld van die opleiding-situasie verkry word om 'n raamwerk te vorm waarteen inligting rakende die opleiding by die onderskeie inrigtings in perspektief gestel kon word; daarom het die navorser *nie-deelnemer waarneming* in die opleidingsituasie gebruik en *onderhoude* slegs met sleutelpersone in die situasie gevoer (kyk 5.2.5 en 5.2.3).
- In plaas daarvan om steekproewe *ewekansig* te kies, word steekproewe *doelgerig* met die oog op die inwin van inligting gekies. Byvoorbeeld, vir die doeleindes van hierdie ondersoek is inligting slegs van finalejaarstudente, wat op die punt staan om tot die beroep van wiskundeonderwyser toe te tree, verkry; daar is ook net met sleutelpersone, soos departementshoofde en die dosente verantwoordelik vir finalejaarkursusse, onderhoude gevoer (kyk 1.6 en 5.2.5).
- Inligting word *induktief*, eerder as deduktief, ontleed omdat daar nie gepoog word om hipoteses te toets nie, maar om situasies en optredes te probeer verstaan en resultate, wat nie voorsien is nie, bloot te lê (kyk byvoorbeeld 5.3.4 en 5.4.2).

- Teorieë wat op die verkreë inligting gegrond is ("grounded theory") en as sodanig die 'natuurlike staat' in ag neem en beskryf, word bo *a priori* of 'voor-opgestelde' teorieë verkies en gebruik.
- Die navorsingsontwerp ontplooi soos wat die ondersoek vorder ("emergent design"), wat geleentheid bied om by veranderlikes, wat nie voorsien is nie, aan te pas en dit dan in die ontwerp te verreken.
- Respondente (subjekte) speel 'n belangrike rol in die interpretasie van die uitkomste, aangesien hulle die ingewikkelde interaksies en dinamika van die ondersoeksituasie beter as die navorser ken en verstaan. Byvoorbeeld, in hierdie ondersoek is onderhoudrespondente gevra om spesifieke situasies in die opleidingsprogram self te evalueer en moontlike oplossings in probleem-gevalle voor te stel of gesteldes te evalueer.
- *Intuïtiewe* insigte word as legitieme kennis beskou en gebruik om moontlik-hede wat onvoorsiens tydens interaksies na vore kom, te ondersoek en te verklaar (kyk byvoorbeeld 5.3.4 en 5.4.2).
- Die klem bly op sosiale situasies en onderliggende prosesse en interaksies, en op die betekenis wat deelnemers daaraan gee. Daarom word kwalitatiewe inligting wat by wyse van ter plaatse waarneming en onderhoude ingesamel is in hierdie ondersoek gebruik om kwantitatiewe resultate in perspektief te stel en te vertolk (kyk 5.3.4 en 5.4.2).

Dit is belangrik om in kwalitatiewe ondersoeke deurlopend 'gehaltebeheer' toe te pas ten einde te verseker dat inligting wat in terme van die ondersoekdoel relevant is, ingesamel word. Soos met kwantitatiewe navorsing moet in die besonder sorg gedra word dat prosedures *geldig* en *betroubaar* is (kyk 1.5.2) sodat die inligting wat ten opsigte van die ondersoekgevalle verkry is, ook ten opsigte van ander soortgelyke gevalle van nut kan wees. Die ondersoeke moet dus sodanig beplan en uitgevoer word dat dit in terme van die doel daarvan en binne die konteks van die besondere ondersoeksituasie bepaal wat dit veronderstel is om te bepaal. Voorts moet die prosedures sodanig uiteengesit word dat ander navorsers dit kan gebruik om die ondersoek in dieselfde omstandighede uit te voer. Hierin vervul 'begronde teoretiese' raamwerke en tegnieke, soos triangulering (kyk 5.2.5), 'n belangrike rol. Die navorser moet ook daarop let dat dat sy/haar voorkeure die ondersoekproses nie prejudiseer of kontamineer nie. Daarom is 'n *gestruktureerde* vraagskedule in hierdie ondersoek getrou tydens die onderhoude gevolg ten einde die onderhoudrespondente 'gelyk' te behandel, en is onderhoude vir kontrole en verwysing op oudioband opgeneem.

1.5.4 Die wisselwerking tussen die kwantitatiewe en kwalitatiewe werkwyses

Borg en Gall (1989:381) stel tereg dat kwantitatiewe en kwalitatiewe navorsing verskillende, maar beide legitieme vorme van opvoedkundige navorsing is. Die twee vorme berus op verskillende stelle veronderstellings, vereis die toepassing van verskillende metodes en lewer verskillende resultate ten opsigte van verskillende aspekte van dieselfde menslike situasie of verskynsel. Die twee vorme staan dus nie teenoor mekaar nie, maar komplementeer mekaar eerder (Linn, 1986:92). Op hierdie wyse bied die twee vorme gesamentlik die moontlikheid om 'n eg menslike situasie soos die voordiens-wiskundedidaktiekopleiding van wiskundeonderwysers in Noordwes, in die besonder hul didaktiese skoling, outentiek te beskryf, te ontleed, te vergelyk en te verklaar, asook om betekenis daaraan te gee (Peshkin, 1993:24-27).

Die uitvoering van hierdie ondersoek berus dan ook ten volle op hierdie wedersydse komplementerende funksie van die genoemde twee navorsingsvorme. Aspekte van die betrokke opleiding ten opsigte waarvan geldige en betroubare objektiewe meting, ontleding en vergelyking paslik en uitvoerbaar is, is kwantitatief ondersoek (kyk 5.3.4 en 5.4.2.2), terwyl die aspekte wat nie sodanig ondersoek kon word nie, kwalitatief benader is (kyk 5.2.5 en 5.4.2.1). Vanweë die komplekse geïntegreerde aard van die betrokke ondersoeksituasie is die resultate in alle gevalle doelgerig op 'n kwalitatiewe wyse met mekaar in verband gebring.

Die breë trekke van die spesifieke ondersoekprosedure verdien verdere toeligting, terwyl besonderhede van elke afsonderlike aspek van die ondersoek ter plaatse in hoofstuk 5 verskaf word.

1.6 DIE METODE VAN HIERDIE ONDERSOEK

Die ondersoek verloop in twee duidelike fases, naamlik 'n aanvanklike omvattende literatuurstudie- en teoretiese modelboufase, gevolg deur 'n empiriese ondersoek waartydens sekere beskouings oor die wesentrekke van skoolwiskundeonderrig bepaal word en implikasies van die ontologies-kontekstueel begronde model van doeltreffende skoolwiskundeonderrig in die praktyk 'getoets' word (kyk hoofstuk 5).

1.6.1 Literatuurstudie

'n Doel van ondersoeke soos hierdie, is om tot 'n uitbreiding en verdieping van die betrokke kennisterrein by te dra. Hiertoe is dit noodsaaklik dat die navorser tot 'n sinopsis van die essensies van die kennis en die navorsing in die betrokke veld sal kom. In ooreenstemming met Borg en Gall (1989:116) is 'n literatuurstudie gevolglik

uitgevoer ten einde 'n teoretiese verwysingsraamwerk te skep (kyk hoofstuk 2, 3 en 4) aan die hand waarvan die empiriese ondersoek daarna beplan, gevalideer, uitgevoer en beoordeel kon word (kyk hoofstuk 5). In die besonder is die sogenaamde 'ontologies-kontekstuele' perspektief met betrekking tot doeltreffende onderrig blootgelê en 'n begronde teoretiese beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig in die lig daarvan ontwikkel (kyk hoofstuk 4).

Primêre en sekondêre bronne is gebruik om inligting te versamel aan die hand waarvan die gestelde probleemvrae beredeneer en gevolgtrekkings daaromtrent gemaak word. Die literatuurstudie loop uit op 'n ontologies-kontekstueel begronde en geïntegreerde teoretiese model van doeltreffende onderrig, in die besonder, van skoolwiskunde.

Die inligting word ook gebruik in die ontwerp van die meetinstrumente wat vir die empiriese ondersoek gebruik is.

'n Omvattende DIALOG-soektog uit die ERIC-databasis is aan die hand van verskillende kombinasies van die volgende trefwoorde uitgevoer:

> teaching paradigm; teaching/instruction model; effective teaching/instruction; teacher effectiveness; teaching-learning; mathematics education/teaching/instruction/learning; elementary school; grade 4, ..., 12; secondary school; teacher education/training.

'n RGN-NEXUS-soektog is gedoen om inligting oor toepaslike en verbandhoudende afgehandelde en lopende navorsing te identifiseer.

1.6.2 Empiriese ondersoek

1.6.2.1 Wyse waarop die ondersoek uitgevoer is

'n *Dwarssneeveldondersoek* is deur middel van 'n *vraelys* en *gestruktureerde onderhoude* uitgevoer (Borg & Gall, 1989:423-465; kyk 5.2.3, 5.3.4, 5.3.5 en 5.4.2 vir besonderhede). In ooreenstemming met Fenstermacher (1986:43) se 'metodologiese pluralisme' is kwantitatiewe en kwalitatiewe ondersoek- en interpretasiewyses, wat mekaar komplementeer, gebruik.

1.6.2.2 Populasie en steekproef

Die populasie en steekproef het uit die volgende persone bestaan ("N" dui *populasiegrootte* aan en "n" *steekproefgrootte*; kyk 5.2.4 vir die volle besonderhede):

- *Dosente:* Alle beskikbare dosente wat aan onderwyskolleges en universiteite in Noordwes met die wiskundedidaktiekopleiding van wiskundeonderwysers vir die senior primêre en die sekondêre skoolfases gemoeid is [N=26];
- *Studente:* Alle beskikbare finalejaar primêreskool- en sekondêreskool-wiskundeonderwysstudente aan onderwyskolleges en universiteite in Noordwes wat die vereiste akademiese wiskundeopleiding ondergaan het [N=505; N=133];
- *Praktisyns:* Alle beskikbare vakadviseurs vir wiskunde in Noordwes [N=16], asook 'n geselekteerde groep gekeurde wiskundeonderwysers aan skole in Noordwes [n=31].

Die totale populasie dosente en praktisyns is bereikbaar en is by die ondersoek betrek; om praktiese uitvoerbaarheidsredes is 'n verteenwoordigende steekproef van die primêreskoolwiskundestudente [n=255 (50,5%)] en alle sekondêreskoolstudente wat op die dag van die opname beskikbaar was [n=111 (83,5%)], betrek.

Die studie is tot Noordwes alleen beperk om die volgende redes:

- Daar is relatief min 'didaktiese skolers' van voordiens-wiskundeonderwysers in Suid-Afrika. Verder verskil die didaktiese skolingsprogramme by die onderskeie inrigtings (onderwyskolleges, technikons en universiteite) in 'n hoë mate van mekaar. Gevolglik sou feitlik alle didaktiese skolers in 'n landswye ondersoek betrek moes word en dit bring die uitvoerbaarheid van die studie in gedrang.
- Die ondersoek kan intensief uitgevoer word, aangesien 'n *klein* populasie *in geheel* betrek word;
- Die direkte konteksrelevansie van die studie word daardeur verhoog.

1.6.2.3 Meetinstrumente

Die ondersoek is aan die hand van *vraelyste* en *gestruktureerde onderhoude* uitgevoer . Die vraelys en onderhoudskedule is na aanleiding van die bestudeerde literatuur in oorleg met die Statistiese Konsultasiediens van die PU vir CHO saamgestel (kyk 5.3.4 en 5.4.2.2) en Bylae A vir besonderhede).

1.6.2.4 Statistiese tegnieke

Daar is hoofsaaklik *beskrywende* statistiek gebruik om die betrokke persone se beskouings oor die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers en die

wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig te beskryf en te vergelyk. *Inferensiële* tegnieke is egter gebruik om betekenisvolle verskille tussen groepe se beskouings te identifiseer en te verklaar (kyk 5.2.5, 5.3.4 en 5.4.2.2). Die Statistiese Konsultasiediens van die PU vir CHO is in hierdie verband geraadpleeg en het die rekenaarmatige verwerking van die inligting gedoen.

1.7 PROGRAM VAN ONDERSOEK

Die teoretiese gedeelte van die ondersoek vertrek vanuit die algemene didaktiese teorie en vorder *via* die terrein van doeltreffende wiskundeonderrig op skool na die opleidingsveld van wiskundeonderwysers, in die besonder hul voordiens-didaktiese skoling.

In *hoofstuk 2* word 'n begronde beskouing oor onderrig en doeltreffende onderrig geformuleer. Prominente heersende onderrigbeskouings word ten aanvang analities-evaluerend in oënskou geneem, waarna denkfoute en waarheidstrekke geïdentifiseer word en 'n begronde onderrigbeskouing vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief beredeneer word.

Nadat 'n begronde model vir doeltreffende onderrig geformuleer is, word heersende beskouings oor (skool-) wiskunde en 'n aantal benaderings tot die leer en onderrig van wiskunde in *hoofstuk 3* in die lig van hierdie model ontleed.

Uitgaande van die begronde beskouing oor doeltreffende onderrig en die ontleding van beskouings oor skoolwiskunde en die leer en onderrig van wiskunde, word doeltreffende skoolwiskundeonderrig in *hoofstuk 4* vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief beredeneer en begrond.

Die implikasies van hierdie vakdidaktiese model vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers word in *hoofstuk 5* bespreek. Die empiriese ondersoek, wat aan die hand van die saamgestelde vraelys en gestruktureerde onderhoude onderneem sal word (kyk 1.5.2), word ook in hierdie hoofstuk aan die orde gestel. Die mikpunt is om die implikasies van die ontologiese-kontekstuele vakdidaktiese model waartoe in die voorgaande hoofstuk gekom is, in die heersende opleidings-praktyk van wiskundeonderwysers in Noordwes te 'toets' en om die proefpersone se beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig te bepaal en in die lig van die voormelde vakdidaktiese model te beoordeel. Die empiriese ondersoek het in die volgende fases verloop:

1. Samestelling van die vraelys en onderhoudskedule na aanleiding van die teoretiese ondersoek wat onderneem is.

2. Evaluering van die vraelys en die onderhoudskedule by wyse van 'n klein-skaalse toetsing daarvan.

3. Grootskaalse implementering van die vraelys en die onderhoudskedule by al die opleidingsinrigtings in Noordwes.

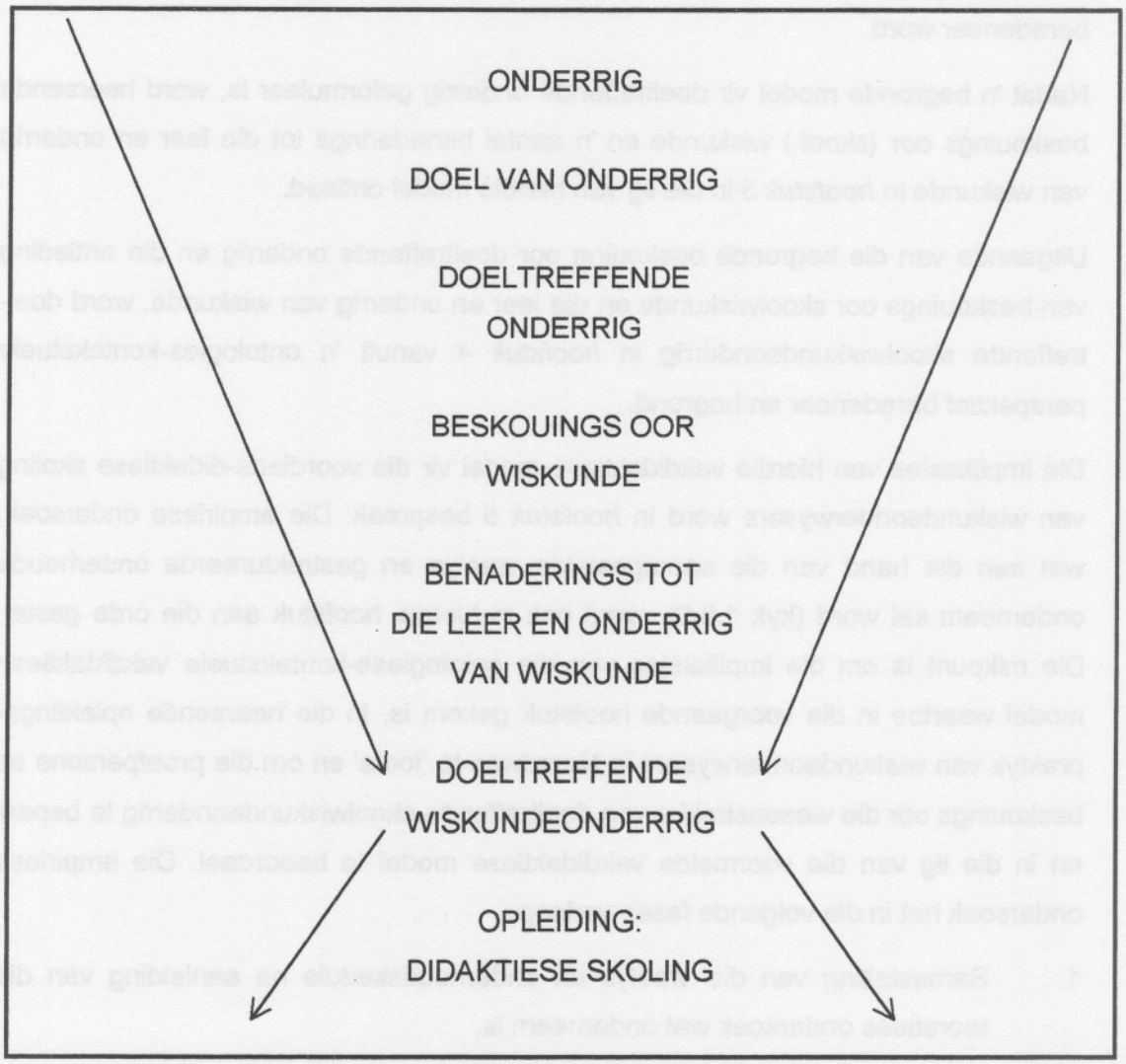
4. Verwerking van die verkreë inligting.

5. Formulering van bevindings en gevolgtrekkings op grond van hierdie inligting.

Die bevindings, gevolgtrekkings en aanbevelings wat uit die hele ondersoek voort-spruit, word in *hoofstuk 6* saamgevat, in die besonder met betrekking tot 'n oorhoofse model vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers. Terreine vir verdere ondersoek word ook hier aangedui.

Die fokuspunte in die verloop (en struktuur) van die ondersoek word in Figuur 1.1 saamgevat.

Figuur 1.1 : Fokuspunte van die ondersoekprogram



HOOFSTUK 2
'N BEGRONDE BESKOUING OOR DOELTREFFENDE ONDERRIG

2.1 INLEIDING EN ORIËNTERING

Elke opvoedkundige wat in 'n onderrrig- of opleidingsituasie funksioneer en/of daaroor besin, heg 'n bepaalde betekenis aan die begrip *onderrig*. Hierdie betekenis wat aan onderrig geheg word, rig die persoon se beskouing van en denke oor die *wese*, *doel* en *doeltreffendheid* van onderrig, asook oor die *samehang* van onderrig en leer. In die besonder projekteer onderrignavorsers hul onderskeie beskouings en denke in hul konstruering van die didaktiese praktyk (Shulman, 1986:3).

'n Oorsig van toepaslike literatuur toon dan ook aan dat twee hoofgroepe paradigmas, wat navorsingsprogramme oor onderrig medebepaal, onderskei kan word (kyk 2.2). Die twee groepe is die *positivistiese* en die *post-positivistiese* denkskole. Navorsingsprogramme met 'n hoofsaaklik *kwantitatief-empiriese* inslag (soos dié in die proses-produktradisie) vorm die positivistiese groep. Programme met 'n meer *kwalitatief-interpretatiewe* en *perspektiwiese* inslag het by die post-positivistiese groep ontstaan (Borg *et al.*, 1993:194; Miller & Fredericks, 1991:2-3,5). Soos die naam suggereer, het die post-positivistiese paradigma in reaksie op die beperkings van die positivistiese paradigma ontstaan (Miller & Fredericks, 1991:2-3; Shulman, 1986:5-6,9; Wang, Haertel & Walberg, 1993:250-251).

'n Kragtige paradigma binne die post-positivistiese denkskool kan as die 'ontologies-kontekstuele paradigma' getipeer word (Fenstermacher, 1986; Steyn, 1988a&b). Bepaalde nuanses ten opsigte van onderrigbeskouings kan binne hierdie groep onderskei word. Enkele prominente voorbeelde hiervan is:

- Die *leerbemiddeling*-beskouing, wat op konstruktivistiese beskouings oor kennis, kennisverwerwing, leerlingkognisie en die bemiddeling ("mediation") van leerhandelinge berus (Prawat, 1992:359).
- Die *kognitiewe begeleiding*-beskouing, wat nou by die leerbemiddeling-beskouing aansluit, maar die onderriggewer se kognitiewe begeleidingsrol in die besonder benadruk (Fennema, Carpenter & Peterson, 1991:30-34).

- Die *ekologiese* beskouing, wat op die sosio-linguïstieke en kommunikatiewe aard van die onderrig-leergebeure in klaskamers berus (Fowler *et al.*, 1990: 155-156; Shulman, 1986:19; Zabel & Zabel, 1996:27).

Die verskille tussen onderrigparadigmas is van fundamentele aard. Gage (1990) praat selfs van *"paradigm wars"* wat heers (vergelyk ook Borg *et al.*, 1993:201; Cochran-Smith & Lytle, 1990). Shulman (1986:14) argumenteer dat elke paradigma wesenlik 'n beligting van die onderrigwerklikheid uit 'n bepaalde invalshoek verteenwoordig. Geen enkele program kan daarom op volledigheid aanspraak maak nie. 'n *'Hibridisering'* van verskillende paradigmas is volgens hom die weg tot 'n vollediger en omvattender greep op die onderrigwerklikheid. Hiertoe is dit allereers noodsaaklik dat 'n "healthy dialogue ... among various camps of researchers interested in the study of teaching" tot stand moet kom (Corno, 1988:181).

Dit is verder noodsaaklik dat 'metodologiese pluraliteit' ten opsigte van onderrignavorsing ontwikkel moet word (Borg *et al.*, 1993:201-202; Feiman-Nemser & Floden, 1986:508; Fenstermacher, 1986:42-43). Perspektiewe wat uit verskillende onderrigbeskouings verkry is, behoort dus langs die weg van 'metodologiese pluraliteit' tot 'n geïntegreerde kennisgeheel 'gehibridiseer' te word. Hierdie proses moet egter met didaktiese verantwoordelikheid en op 'n verantwoordbare wyse benader word, sodat dit nie in die eklektiese opeenstapeling van kenniselemente ontaard nie (Cochran-Smith & Lytle, 1990:3; Miller & Fredericks, 1991:7; vergelyk ook Borg *et al.*, 1993:201).

In hierdie hoofstuk word gepoog om perspektiewe waartoe vanuit verskillende (navorsings-) paradigmas oor die onderriggebeure en -verloop gekom is, deur *bedinking* en *teorievorming* tot 'n begronde kennisgeheel ('model') te verwerk. Hiertoe word heersende positivistiese en post-positivistiese beskouings oor onderrig eers bespreek om die kernelemente van elk te bepaal (kyk 2.2). Daarna word bepaalde denkfoute wat binne die verskillende programme gemaak word, krities beredeneer (kyk 2.3). Ten slotte word die kernvrae: *Wat is onderrig?*, *Wanneer is onderrig doeltreffend?* en *Hoe verloop doeltreffende onderrig?* grondig beredeneer (kyk 2.4).

In die beredenering word onderskeid gemaak tussen die begrippe *produk*, *proses* en *handeling*. Hierdie onderskeid word nou ter wille van eenduidige interpretasie van argumente gekwalifiseer. 'Produk' dui op 'n voltooide resultaat van afgelope gebeure; as sodanig is produkte dus staties van aard. 'n Produkbeskouing van leer

dui byvoorbeeld daarop dat leer as die resultaat of gevolg van gebeure, soos onderrig, beskou word. Daarteenoor dui 'proses' op 'n nie-statiese opeenvolging van gebeure of fases; dit kan egter steeds meganies volgens 'n voorspelbare roetine verloop. 'Leerproses' dui byvoorbeeld daarop dat leer deur 'n opeenvolging van 'n reeks fases gekenmerk word; sodanige beskouing sluit nie uit dat leer as 'n gemanipuleerde roetine, wat meganies-algoritmies uitgevoer word, beskou kan word nie. Daarom word 'handeling' gebruik om bewustelike en doelgerigte dinamiese aksies of take, of 'n opeenvolging daarvan, aan te dui. As sodanig kan *handelinge* dus tydens die uitvoering daarvan kwalitatief en kwantitatief verander of aangepas word.

Vanweë die besinnende aard van die beredenering in hierdie hoofstuk, word daar dikwels na 'oorspronklike' – en dus noodwendig 'ouer' – bronne verwys.

2.2 PROMINENTE KONTEMPORÊRE ONDERRIGBESKOUINGS

2.2.1 Inleiding

Die aandag word nou op prominente onderrigbeskouings gerig om die wesenlike van elke beskouing te bepaal. In die besonder word op aspekte, wat met die beantwoording van die drie kernvrae in 2.1 verband hou, gelet. In die lig van die oorhoofse doelstellings van hierdie ondersoek word argumente, waar nodig, met voorbeelde uit wiskundeonderwys toegelig.

2.2.2 Die positivistiese tradisie

2.2.2.1 Oriëntering

Op grond van Thomas Kuhn se baanbrekerswerk stel Romberg (1992:53) dat daar in elke wetenskapterrein op enige gegewe tydstip 'n dominante denkskool bestaan. Die afgelope twee dekades was die proses-produkparadigma die invloedrykste denkskool wat die beskouings oor die onderrigverskynsel gerig het (Shulman, 1986:9). Hierdie paradigma het op grond van ontwikkelinge op die terrein van die behavioristiese leerpsigologie ontstaan. Die navorsing in laasgenoemde terrein is vanuit 'n positivistiese perspektief onderneem (Borg & Gall, 1989:16-18; Miller & Fredericks, 1991:2). Die werk van Skinner, Carroll, Bloom en Gagné met betrekking tot skoolleer en -onderrig het ook 'n sentrale rol in verband met die ontstaan van die betrokke paradigma gespeel (vergelyk die bespreking in 2.2.2.2).

Onderrigbeskouings, wat op positivistiese denke gegrond is, word daardeur gekenmerk dat onderrig in terme van leer verklaar en gekwalifiseer word. 'n *Oorsaaklike*

verband word tussen onderrig en leer veronderstel (Brophy, 1986:1069; Shulman, 1986:5). Onderrig word naamlik as 'n stelsel, waarvolgens kennis aan leerders '*oorgedra*' word, beskou. Hiervolgens behels onderrig dus die implementering van bepaalde handelinge, vaardighede en voorskrifte deur onderriggewers om die verwagte leeruitkomste by leerders te *veroorsaak* (Esler & Sciortino, 1988:3; Leinhardt, 1990:20-23). Die vertrekpunt is dus dat onderrig wat 'reg' uitgevoer word, die verwagte leersukses tot gevolg het (Gunter, Estes & Schwab, 1995:73).

In die volgende gedeeltes word die onderrigbeskouings wat op positivistiese denke gegrond is, bespreek.

2.2.2.2 Vroeë 'sukses'-beskouings oor onderrig

Vroeë 'sukses'-gerigte onderrigprogramme berus op twee welbekende modelle vir skoolleer, naamlik Skinner se '*operante kondisionering*'-model (1954) en Carroll (1971) se "*Model for School Learning*". Die Skinner-model veronderstel dat enige eenheid leerinhoud deur alle betrokke leerders geleer kan word, as die *leerinhoud* in 'n opeenvolgende reeks komponente opgedeel word en daar verseker word dat *elke leerder elke komponent teen eie tempo* bemeester (Block, 1971:4). Volgens die Carroll-model word *leer* as die uitvoer van 'n opeenvolgende reeks spesifieke leertake beskou (Block, 1971:5). In beide gevalle bepaal onderrig die leersukses wat behaal word. Volgens die Skinner-model is leersukses afhanklik van die mate van operante kondisionering, wat deur onderrig verskaf word. Volgens die Carroll-model is dit afhanklik van die gehalte van die onderrig en die hoeveelheid leertyd wat verskaf word (Block, 1971:4-5; Bloom, 1971b:50).

Die oortuiging waarop die Skinner- en Carroll-modelle berus, kan soos volg gestel word (Bloom, 1971b:50):

> "[If] students are normally distributed with respect to aptitude for [a] subject and all students are given exactly the same instruction, then achievement measured at the subject's completion will be normally distributed. ... [if] the kind and quality of instruction and learning time allowed are made appropriate to the characteristics and needs of *each* learner, the *majority* of students will achieve subject mastery." (Klem deur HDN.)

In aansluiting hierby stel Bloom, dat *negentig persent* van die leerders die leerinhoud wat geleer moet word, *kan* bemeester (Bloom, 1971b:48). Elke leerder is dus

tot '*bemeesteringsleer*' in staat. Hiertoe moet aan die voorwaardes wat deur Skinner en Carroll gestel is, voldoen word (Kulik, Kulik & Bangert-Drowns, 1990a:266). Die eis dat leerders toegelaat moet word om leertake teen hulle eie tempo uit te voer, impliseer dat onderrig *geïndividualiseerd* moet wees om verwagte leeruitkomste te kan lewer. Hiervolgens moet onderrig-leergeleenthede in ooreenstemming met elke leerder se leerbehoeftes (soos aan 'leertyd') beplan en verskaf word.

Bloom en medewerkers het 'n taksonomie van leerdoelwitte, waarvolgens onderrig beplan behoort te word, ontwikkel (Bloom, Madaus & Hastings, 1981:40-42). Hiervolgens verloop leer aan die hand van 'n lineêre en hiëragiese opeenvolging van bemeesteringstake. Onderrig behoort hierby aan te sluit ten einde suksesvol te wees. Dit impliseer dat onderrig doelwitgerig aan die hand van bemeesteringgerigte metodes en tegnieke behoort te verloop. Bloom (1971b:50-51) vat die kern van suksesvolle bemeesteringgerigte onderrig soos volg saam:

- Die hiërargie van inhoudkomponente wat bemeester moet word, moet ten aanvang duidelik geïdentifiseer en 'reg' georden word.
- Gepaardgaande bemeesteringstake en -doelwitte moet dienooreenkomstig geïdentifiseer en aan die leerders gestel word.
- Daarna moet *elke* leerder aan die hand van geskikte metodes en kurrikulummateriaal toegelaat, gelei en gekontroleer word om die leerinhoud stuks- of komponentsgewys teen eie tempo te bemeester.

Soos Bloom beskou Gagné (1983:91-94) leer as die uitvoer van 'n hiëragiese opeenvolging van basiese leervorme; leer verloop dus in fases. Hy begrond sy teorie van leer vanuit die behavioristiese kognitiewe leerpsigologie in terme van die inligtingverwerkingsteorie (Gagné, 1983:52-57). Gevolglik veronderstel hy ook 'n oorsaaklike verband tussen onderrig en leer. In aansluiting by die hiërargie van leerfases, wat hy onderskei, formuleer hy 'n onderrigprogram bestaande uit 'n lineêre opeenvolging van onderrighandelinge (Gagné, 1983:284-299). Hierdie handelinge verteenwoordig funksies, wat tydens onderrig uitgevoer word, om die ooreenstemmende leerfases te ondersteun (kyk Tabel 2.1).

Tabel 2.1 : Funksies in Gagné se onderrigprogram (Gagné, 1983:285)

1.	Motiveer leerders vir die suksesvolle uitvoering van die leertaak.
2.	Stel leerdoelwitte aan leerders sodat hulle weet wat van hulle verwag word.
3.	Rig leerders se aandag sodat hulle, enersyds, *bewus* word van die onderrig-leergebeure en, andersyds, selektiewe aandag aan die kernaspekte daarvan gee.
4.	Stimuleer die herroep van benodigde voorkennis en vaardighede.
5.	Begelei leerders in die aanleer van nuwe leerinhoud deur middel van wenke, verduideliking, strukturering, begeleide ontdekking, diagramme en ander voorstellings.
6.	Bevorder retensie van aangeleerde inhoud deur middel van organisasie-skemas, die maak van assosiassies, mnemonieke en geleentheid vir inoefening.
7.	Bevorder oordrag van geleerde kennis en vaardighede na nuwe situasies deur middel van geleentheid vir inoefening en toepassing in 'n verskeidenheid gevalle.
8.	Evalueer vordering en prestasie op 'n verskeidenheid maniere; verskaf terugvoer en korrigering aan leerders op grond van hulle response.

Uit voorgaande bepreking van die vroeë 'sukses'-programme blyk sekere gemeenskaplike *beskouings* oor onderrig en leer. Bepaalde veronderstellings en enkele voortvloeiende implikasies van die beskouings kan ook afgelei word, naamlik:

- *Onderrig wat doelwitgerig aan die hand van geskikte bemeesteringgerigte metodes en tegnieke verloop, lei tot verwagte leeruitkomste.* Dit veronderstel 'n *oorsaaklike* verband tussen onderrig en leer. Verder impliseer dit ook dat onderrig en leer *intensioneel* van aard is.
- *Die leerinhoud word as ankerpunt vir die onderrig-leergebeure geneem.* Hieruit blyk dat 'n *inhoud*-gerigte beskouing oor onderrig nagehou word.
- *Leerinhoude moet in kleiner eenhede opgedeel word en dan stuksgewys aangebied en bemeester word.* Dit veronderstel dat alle leerinhoud opdeelbaar is en impliseer dat die aanbieding van leerinhoud tydens onderrig stapsgewys moet plaasvind.

- *Leer verloop aan die hand van 'n leerdoelwit-hiërargie.* Dit veronderstel dat leer 'n lineêre struktuur het en dat leertake altyd in 'n sekere orde uitgevoer word. Daarby impliseer dit dat onderrig aan die hand van 'n onderrigdoelwit-hiërargie moet verloop.
- Op grond van laasgenoemde twee veronderstellings wil dit voorkom of leer as '*ekstern*'-gerig beskou word.
- *Onderriggewers vervul 'n sentrale funksie in die onderrig-leergebeure deurdat hulle dit **wat** en ook **hoe** leerders leer en doen, beheer en kontroleer.* Dit versterk die vermoede dat leer as ekstern-gerig beskou word.
- *Elke leerder behoort aktief aan die uitvoering van leertake deel te neem, en moet genoeg 'leertyd' kry om die take uit te voer.* Die leerder word dus as aktiewe deelnemer aan die onderrig-leergebeure beskou. Die keuse van aktiwiteite en leertake berus egter op die *onderrigewer* se inisiatief en word op 'n voorskriftelike wyse deur die kurrikulum (leerinhoud) bepaal.
- Laasgenoemde twee beskouings toon dat 'n *onderwyser*-gesentreerde beskouing oor onderrig nagehou word (Shulman, 1986:24).

Good en Brophy (1984:249) wys tereg daarop dat die volgende twee beskouings ook in hierdie verband nagehou word:

- *Versterking van leerders se sukses in deelname aan akademiese taakuitvoering, verhoog leersukses.*
- *Terugvoer en korrigering aan alle leerders oor wat en hoe hulle doen en leer, bevorder die bereiking van verwagte leeruitkomste.*

Die kernbeskouing oor onderrig waarop 'sukses'-onderrig-leerprogramme berus, kan soos volg saamgevat word: *Onderrig is die stuksgewyse oordrag van leerinhoud aan spesifieke leerders volgens 'n vaste stel didaktiese handelinge om verwagte leeruitkomste te veroorsaak* (Esler & Sciortino, 1988:3; Fraser, Loubser & Van Rooy, 1990:31; Gunter *et al.*, 1995:73).

2.2.2.3 Die proses-produkbeskouing

Die vroeë suksesbeskouings oor onderrig en leer lei tot die sogenaamde *suksesteorie* oor onderrig en leer (Steyn, 1988b:162). Hiervolgens het die onderrigproses eers plaasgevind as die doel daarvan bereik is, naamlik dat die bedoelde leeruitkomste meetbaar waargeneem kan word. Leer word dus as die produk van

onderrig beskou en onderrig word in terme van leer verklaar. Fenstermacher (1986:38) argumenteer tereg dat hierin 'n denkfout begaan word: daar word nie tussen die *verklaring* en die *kwalifisering* van die onderriggebeure onderskei nie. Hierdie denkfout lei ook daartoe dat 'onderrig' nie van 'effektiewe onderrig' onderskei word nie (Steyn, 1988a). 'Effektiewe onderrig' word hier in die sin van onderrig wat verwagte leeruitkomste as 'effek' *veroorsaak* het, gebruik. Daarenteen dui 'doeltreffendheid' van onderrig op die mate waartoe die onderrig leer-*bemoontlikend* is.

Tabel 2.2 : 'Effektiewe' onderrighandelinge (Rosenshine & Stevens, 1986:377)

'n 'Effektiewe' onderwyser onderrig goedgestruktureerde inhoude deur:

1. 'n les met 'n kort oorsig van vorige en voorvereiste leerwerk te begin,
2. duidelike leerdoelwitte ten aanvang van 'n les te stel,
3. nuwe leerinhoud in klein stappe aan te bied met leerderinoefening na elke stap,
4. duidelike en gedetailleerde instruksies en verduidelikings te gee,
5. geleentheid vir hoëvlak aktiewe inoefening aan elke leerder te bied,
6. 'n groot aantal vrae te vra, vir leerderbegrip te kontroleer en response van elke leerder te verkry,
7. leerders gedurende aanvangsinoefening te begelei,
8. sistematiese terugvoer en korrigering aan alle leerders te verskaf,
9. eksplisiete instruksie en inoefening vir klaswerk te verskaf en leerders waar nodig tydens klaswerk te monitor.

In proses-produkterme word die 'effektiwiteit' van onderrig bepaal deur spesifieke onderrighandelinge met meetbare waargenome leeruitkomste te korreleer (Brophy & Good, 1986:328; Rosenshine & Stevens, 1986:377). Onderrig word as die uitvoer (implementering) van sodanige 'effektiewe' handelinge en vaardighede beskou. Hoe vaardiger die onderwyser die 'reëls' en 'funksies' toepas om die gewenste leer te veroorsaak, hoe effektiewer is die onderrig (Esler & Sciortino, 1988:3; Gunter *et al.*, 1995:73). Die 'effektiewe' onderrighandelinge wat deur Rosenshine en Stevens (1986:377) op grond van 'n oorsig van proses-produknavorsing geïdentifiseer is (kyk Tabel 2.2), is 'n sprekende voorbeeld hiervan.

Hierdie denkskool beklemtoon ook verder die skoling van onderwysers in die implementering van 'n reeks didaktiese handelinge en vaardighede wat positief met gewenste leerdergedrag korreleer. Hiervolgens behels die didaktiese skoling van onderwysers wesenlik die afrigting en inoefening van sodanige reekse 'effektiewe' handelinge en vaardighede (Gunter *et al.*, 1995:75; vergelyk ook Leinhardt, 1990; Rosenshine & Stevens, 1986).

Bogenoemde beskouings oor onderrig en die didaktiese skoling van onderwysers verhoog die moontlikheid dat onderrig bloot tot die uitvoer van "well defined events [that] consistently yield similar results" (Esler & Sciortino, 1988:3) gereduseer word. In sodanige 'stelsel'-benadering word onderrigsituasies as 'leer-veroorsakende beheerstelsels' beskou. Dit dui op 'n empiristiese en positivistiese verenging van onderrig, sowel as op 'n meganistiese mensbeskouing (Duminy & Söhnge, 1986:12-14). Dit strook duidelik nie met die komplekse interaktiewe aard van die onderrig-leergebeure nie. Die onderwyser én die leerling tree immers normatief denkend-handelend in die onderrig-leergebeure op (Van der Walt, Dekker & Van der Walt, 1985:159; Wang *et al.*, 1993:250-251).

Steyn (1988a:245), soos Sternberg (1986:378), voer die beperkings van hierdie onderrigbeskouing tereg na die gebrek aan 'n onderliggende didaktiese teorie terug. In navolging van Ericson en Ellett stel Fenstermacher (1986:45) naamlik dat daar nie van empiristiese navorsingtradisies verwag kan word om hulle werkwyses op normatiewe teorieë te grond nie. In die besonder kon die proses-produktradisie nie daarin slaag om die beperkings van hulle onderrigbeskouing vanuit die tradisie self te beredder nie. Ander denkskole oor onderrig en leer, met gepaardgaande nuwe beskouings oor onderrig, moes noodwendig ontwikkel word.

Cobb (1988:88) identifiseer 'n sentrale aanname wat binne die proses-produk-tradisie oor onderrig en leer (van byvoorbeeld wiskunde) gemaak word:

> "[Words and actions of teachers, or objects in the environment] can carry meanings in and of themselves that are waiting *to be apprehended by students*, or they can serve to draw students' attention to mathematical structures in the environment...[that] might be embodied in *manipulative* materials, diagrams, or problem statements. The central assumption...is that *meaning is inherent in the words and actions of the teacher or in objects in the environment*." (Klem deur HDN.)

'n 'Voorskriftelike inhoudoordragbeskouing' van onderrig word op grond hiervan gevorm. Hiervolgens vind onderrig plaas wanneer die onderwyser vaste inhoude aan leerlinge oordra. *Leerlinge* word aanvanklik as "leë vate wat met inhoud gevul moet word", beskou; en *onderrig* as die 'vulproses' wat volgens gestelde voorskrifte (reëls en prosedures) uitgevoer word.

Volgens Cobb (1988:89) kan genoemde aanname wel op alledaagse situasies, waar mense met mekaar in kommunikasie tree, van toepassing gemaak word. In die onderrig-leergebeure gee onderwysers én leerlinge egter self betekenis aan woorde en handelinge in terme van die interaksies wat tussen hulle, en met die leerinhoud, plaasvind. Voorts mag verskille ten opsigte van onder andere ontwikkeling, ervaring, voorkennis, kognisie en motivering ook daartoe lei dat elke individu 'n eie unieke betekenis aan die gebeure gee. Prawat (1992:374-379) dui daarom tereg aan dat hierdie aanname nie met betrekking tot onderwysers se woorde en handelinge gemaak kan word nie. 'n Onderrigbeskouing wat op hierdie aanname berus, mag dan ook op sand gebou wees.

Volgens Cobb (1988:97) dui navorsing dan ook daarop dat 'n 'oordrag'-beskouing oor wiskundeonderrig in die primêre skool deur bepaalde beperkende trekke gekenmerk word (vergelyk ook Battista, 1994:463-467; Frank, 1990:10-11):

- Die beskouing bestaan dat wiskunde bloot rekenkunde is. Dit hou in dat die onderrig daarvan hoofsaaklik op die aanleer van basiese feite en standaard rekenkundige prosedures gemik is.
- Op grond hiervan word die bemeestering van spesifieke feite en vaardighede as onderrigdoelstellings en -doelwitte beskou.
- 'n Onbuigbare gerigtheid op die handboek, werkkaarte en ander kurrikulummateriaal kom voor.
- Onderrig geskied volgens 'n vaste patroon van direkte verduideliking en demonstrasie gevolg deur die opdra van individuele selfdoen-take.
- Onderrigmislukkings word by wyse van een of meer herhalings van die 'demonstrasie-nadoen-inoefen'-siklus hanteer.
- Leerlinge se eie informele metodes en prosedures om berekeninge te doen en probleme op te los, word met wantroue bejeën en die gebruik daarvan afgekeur of ontmoedig, in plaas daarvan dat dit ondersteun en begelei word.

Romberg en Carpenter (1986:868) bevind ook dat sodanige wiskundeonderrig eerder groep- as individu-gerig is; hulle bevestig ook dat dit 'n statiese karakter vertoon in die sin dat dit volgens 'n vaste patroon verloop. Cobb (1988), sowel as Schoenfeld (1988; 1992), ondersoek die gevolge van 'n proses-produkbenadering tot wiskundeonderrig op skool. Hulle bevindings kan soos volg saamgevat word (vergelyk ook Nieuwoudt, 1989:269-275; Nieuwoudt, 1991:163-165):

- Onderwysers hou nie daarmee rekening nie dat leerlinge as *aktiewe konstrueerders van kennis* optree. Dit hou onder andere in dat die bydrae van leerlinge se voorkennis, ervaring en 'eie' informele strategieë, nie verreken of benut word nie.
- Leerlinge gebruik aanvanklik hulle 'eie' informele strategieë, eerder as die formele voorgeskrewe prosedures, waarin hulle onderrig is, om nuwe probleme op te los. Dit bring mee dat die formele 'skoolse' en die informele 'eie' prosedures op 'n begriplose wyse geskei word. Dit impliseer dat die relevansie van 'skoolse wiskunde' vir die leef-wêreld onder verdenking gebring word.
- In die skool tree leerlinge oorafhanklik van die onderwyser op in die sin dat hulle die prosedures wat onderrig word, uiteindelik kritiekloos aanvaar en gebruik. 'Krukke', soos antwoordsleutels, modelvrae en -antwoorde, wat onnadenkend aangewend word, kan verder hiertoe bydra.
- Die onderrig lei leerlinge tot 'n *sintaktiese* (vorm-soekende) uitvoering van take, eerder as 'n *semantiese* (betekenis-soekende) analise van inhoud en situasies, waarop die uitvoering van take gegrond behoort te word.
- Die klem wat op die *vormlike* geplaas word, lei noodwendig tot die oorbeklemtoning van voorskriftelike prosedures en tegnieke ten koste van begrip- en insigvorming ten opsigte van die grondliggende denkhandelinge. 'n Leerling sal byvoorbeeld eerder probeer om 'die regte antwoord' op die 'regte manier' te kry, as om na die betekenis van prosedures en oplossings te vra of om die huidige probleemsituasie met ander te vergelyk.
- Divergente denkhandeling en kreatiwiteit word nie bevorder nie en probleemoplossingstrategieë word nie genoegsaam gevestig nie.

- Leerlinge ondervind probleme om aanvullende komponente van wiskundige handelinge (soos die deduktiewe en konstruktiewe aspekte van meetkunde-probleme) met mekaar in verband te bring.
- Leerlinge beskou hulself as passiewe gebruikers van 'ander' se wiskunde, eerder as aktiewe ontdekkers en konstrueerders van wiskunde.

Hierby kan 'n verdere algemene waarneming ten opsigte van die belewing van wiskunde op skool gevoeg word:

- Wiskundeonderwysers, ouers en leerlinge beskou wiskunde as sou dit net vir die 'slimmes' wees. Die algemene doelstelling dat wiskunde funksionele gesyferdheid en probleemoplossingvaardighede by *alle* leerders behoort te bevorder, kom dus nie tereg nie.

Die argumentasie van Fenstermacher (1986), Prawat (1992), Steyn (1988a) en Wang *et al.* (1993), waarna vroeër verwys is, dui daarop dat die tekortkominge van die proses-produktradisie nie vanuit die tradisie self verklaar of opgelos kan word nie. Die rede hiervoor is hoofsaaklik toe te skryf aan die gebrek aan 'n goed ontwikkelde onderliggende didaktiese teorie en die intrinsieke onvermoë om sodanige teoretiese onderbou daar te stel.

Dit het duidelik geword dat opvattinge oor onderrig en leer grondig in terme van elk se eie struktuurwet herbedink moes word. Op grond hiervan het nuwe beskouings oor onderrig en leer, wat op hierdie twee werklikheidstrukture se 'generiese' of wesenstrekke berus, ontstaan.

2.2.3 Die post-positivistiese tradisie

2.2.3.1 Oriëntering

Grondliggend berus positivistiese denke oor onderrig en leer op die veronderstelling dat onderrig *oorsaaklik* met leer verbind is. Hierdie opvatting vorm die kern van die proses-produktradisie. Dit spreek vanself dat vernuwende denkers oor onderrig en leer ten eerste die geldigheid van hierdie grondstelling bevraagteken het.

Daar is besef dat onderrig en leer verskillende werklikhede is wat op grond van eie struktuurwette onderskei, maar nie geskei kan word nie. Elkeen moet in terme van sy wesenstrekke verklaar en gekwalifiseer word. Eers dan kan die onderlinge verband tussen onderrig en leer verklaar en gekwalifiseer word en die implikasies daarvan bepaal word (Fenstermacher, 1986:38; Steyn, 1988a).

Uit die bespreking wat volg, sal blyk dat onderrig en leer in hierdie denkskool in 'n *afhanklikheidsverband*, eerder as in 'n oorsaaklike verband, beskou word.

2.2.3.2 Die ontologies-kontekstuele denkskool

Die 'generiese' onderrigbeskouing wat tans na vore tree, word as die *ontologies-kontekstuele* beskouing getipeer (Fenstermacher, 1986; Steyn, 1988a&b). Hiervolgens word die wesenstrekke van onderrig, asook die samehang tussen hierdie wesenstrekke, bepaal om onderrig te *verklaar*. Daarna kan onderrig as doeltreffend, goed, behoorlik en dies meer *gekwalifiseer* word. Die struktuurwet wat vir onderrig geld, moet dus eers blootgelê word voordat onderrig gekwalifiseer kan word. Fenstermacher (1986), sowel as Steyn (1988a&b), beantwoord daarom eers die ontiese vraag na *wat* onderrig is, voordat hulle aandui *hoe* dit moet wees om doeltreffend te wees.

Volgens Fenstermacher (1986:38) is onderrig 'n tipies menslike *handeling* wat gekenmerk word deur:

> "1. There is a person, P, who possesses some
> 2. content, C, and who
> 3. intends to convey or impart C to
> 4. a person, R, who initially lacks C, such that
> 5. P and R engage in a relationship for the purpose of R's acquiring C."

Steyn (1988b:160) sluit hierby aan en stel dat 'n onderrigsituasie daardeur gekenmerk word dat die volgende wesenstrekke *gelyktydig* en *in samehang* teenwoordig is: *onderrigdoel/intensie*, *inhoud/kurrikulum*, *onderriggewer*, *leerder* en 'n *lewende begeleide menslike interaksie* tussen onderriggewer en leerder. Hiervolgens moet die onderriggewer dus *lewend teenwoordig* wees en *begeleidend* in interaksie tree met die leerder om die onderrigdoel (-intensie) aan die hand van die inhoud te verwesenlik.

Uit voorgaande blyk 'n belangrike verskil tussen die positivistiese en post-positivistiese beskouings oor onderrig. In die proses-produktradisie word onderrig in terme van die *uitwerking* daarvan gedefinieer. Hierdie 'uitwerking' word in *kwantitatiewe* terme bepaal. Die suksesteorie van onderrig illustreer hierdie punt baie duidelik (kyk 2.2.2.2). In teenstelling hiermee definieer die ontologies-kontekstuele denkskool onderrig in terme van die *samehangende ontologiese trekke* daarvan. Dit bied nie

alleen 'n 'stewiger greep' op die onderrigwerklikheid nie, maar bied ook nuwe moontlikhede om onderrig, asook die 'uitwerking' daarvan, ook *kwalitatief* te verklaar (vergelyk ook Borg *et al.*, 1993:201-202). Die doeltreffendheid van 'n bepaalde onderrigsituasie kan byvoorbeeld in terme van die *samehang van die wesenstrekke* van onderrig verklaar word.

Ten einde die ontologies-kontekstuele beskouing oor onderrig in perspektief te plaas, word die wesenstrekke van onderrig vervolgens toegelig. Daarna word kern-aspekte van dié beskouing krities bespreek. 'n Gedetailleerde beredenering van die wesenstrekke van onderrig, in algemeen didaktiese verband, volg in 2.4.1, terwyl die wesenstrekke van wiskundeonderrig, in die besonder, in 4.2 bespreek word.

- *Onderrigdoel/intensie*. Onderrig, soos onderwys, is 'n intensionele menslike handeling. Onderrig vind nie plaas as daar nie 'n intensie is om te onderrig nie. Die onderliggende intensie, wat in terme van die bedoelde mikpunte en uitkomste gestel word, vorm die doelstellings van die onderrig (Ernest, 1991b:121; Gunter *et al.*, 1995:73). Daarby kan die onderrigdoel en die onderriggewer se denke, besluitneming en oortuigings nie van mekaar geskei word nie (Fennema & Franke, 1992:161-163; Steyn, 1988b:161). Hoewel onderrigsituasies met betrekking tot die mate van gestruktureerdheid daarvan mag verskil, kan die doelgerigtheid van die onderrighandeling nie weggedink word nie (Schoeman, 1983:103).

- *Inhoud/kurrikulum*. Die intensie om te onderrig, lei tot die vraag na *wat* onderrig moet word. 'n Spesifieke gesistematiseerde geheel van kennis, vaardighede en houdings, of enige deel van sodanige geheel, kom noodwendig ter sprake as onderrig ter sprake kom (Carl, 1995:32; Macmillan & Garrison, 1988:3; Van Zyl, 1975:316). Steyn (1988b:161) stem met Passmore (1985:22) saam dat inhoud en onderrig semanties so verweef is dat die stelling "*ek onderrig*" al selfstandige betekenis in die taalgebruik verkry het - al word daar nie gemeld wat onderrig word nie. In teenstelling hiermee het 'n stelling soos "*ek gee*" nie sodanige selfstandige betekenis nie. Steyn (1988a:248) stel tereg dat "die inhoud [op sigself] geen bestaansreg [het] nie, maar wel in dié sin dat inhoud die beste instrument tot doelbereiking is".

- *Onderriggewer*. In onderrigsituasies moet noodwendig voorsiening gemaak word vir die beskikbaar- en toeganklikstelling van die inhoud wat as beste instrument tot doelbereiking moet dien. Menslike betrokkenheid is hiervoor 'n

voorvereiste (Driver *et al.*, 1994:7; Passmore, 1985:22; Van Zyl, 1975:315). 'n *Persoon* wat die rol van onderriggewer kan vervul, is dus 'n noodwendigheid. Steyn (1988b:161) stel tereg dat onderriggewing op grond van 'n beplande ontwerp óf as 'n momentele reaksie op gebeurtenisse kan geskied. Die rolle van onderriggewer en leerder mag in bepaalde omstandighede selfs omruil (Steyn, 1988b:161). Die volgende situasie illustreer maar een dimensie hiervan: 'n wiskundeonderwyser vra 'n leerling om sy benadering tot die oplos van 'n gegewe probleem te verduidelik. Die leerling bemoontlik nou die verwerwing van bepaalde inhoud (kennis), wat vir die bereiking van die onderrigdoel deur die onderwyser onontbeerlik is. Dit gaan dus nie oor *wie* watter rol vervul nie, maar *dat* daar 'n onderriggewer (en 'n leerder) in elke onderrigsituasie betrokke is.

- *Leerder*. Die teenwoordigheid van 'n onderriggewer impliseer nie net die teenwoordigheid en betrokkenheid van 'n leerder in onderrigsituasies nie, maar *vereis* dit. Schoeman (1983:105) stel dat elke pedagogiese situasie, in die besonder elke onderrigsituasie, 'n interaksie tussen onderriggewer en leerders veronderstel. Die onderriggewer se handelinge is daarop gerig dat bepaalde inhoud sodanig deur die leerders verwerf word dat die doel, waarvan uitgegaan is, optimaal bereik kan word. Elke leerder is op 'n unieke en individuele wyse by die onderrig-leergebeure betrokke (Shepard, 1991:8; Van der Walt *et al.*, 1985:172-177). Die leerder is verder ook 'n aktiewe en konstruktiewe denkende deelnemer aan die onderrig-leergebeure. Hy of sy rekonstrueer kennis, en is nie slegs 'n passiewe toeskouer of meeloper, wat kennis ontvang of absorbeer nie (Driver *et al.*, 1994:7; Shuell, 1988:277-278; Van der Walt *et al.*, 1985:159). Die teenwoordigheid en deelname van 'n leerder in elke onderrigsituasie kan gevolglik nie weggedink word nie (Steyn, 1988a:250).

- *Interaksie*. Volgens Van Zyl (1975:315) is die kern van onderrig "medemenslike hulp by leer". Menslike betrokkenheid - meer nog, betekenisvolle interpersoonlike interaksie - is hiervoor 'n nodige, maar onvoldoende voorwaarde (Cobb, 1994b:16; Schoeman, 1983:105; Sutherland, 1989:103). Die verhouding tussen die onderriggewer en die leerder is *asimmetries* van aard: 'n persoon met meerdere kennis, vaardighede en ervaring tree *intensioneel* in verhouding met iemand wat bepaalde kennis, vaardighede en ervaring *wil* hê, of *behoort* te hê (Steyn, 1988b:161). In teenstelling met die tradisionele

beskouing is hierdie asimmetrie nie staties van aard nie, want in bepaalde omstandighede mag die onderriggewer een van dié in die klas wees wat nie weet nie, terwyl een van die leerders die rol van onderriggewer kan inneem. Bereidwilligheid van die onderwyser om sodanige situasies toe te laat en te laat gedy, mag bevorderlik (selfs onontbeerlik) wees vir die totstandkoming van 'n vertrouensverhouding in die klas, waarsonder doeltreffende interaksie nie moontlik is nie (Atweh, Bleicher & Cooper, 1998:64-65).

Welbekende ontwikkelings-, leer- en didaktiese teorieë, soos dié van Ausubel, Bruner, Gagné, Piaget, Van Parreren, Vygotsky, die konstruktiviste en die sosio-kulturaliste (Cobb, 1994a&b), bied waardevolle en toepaslike perspektiewe en inligting ten opsigte van interaksie as wesenstrek van onderrig (vergelyk De Wet *et al.*, 1981:58-118; Driver *et al.*, 1994; Sutherland, 1989:100-103). Hierdie saak word in hoofstuk 4 in diepte in die konteks van doeltreffende wiskundeonderrig beredeneer.

Die handelinge met betrekking tot die *besitneming van die inhoud deur die leerder* verdien verdere toeligting. Die Duitse didaktikus Klafki gebruik 'n beeld van 'n 'dubbele ontsluiting' om dit te verduidelik (Steyn, 1988b:160; Van der Stoep & Louw, 1976:24,42). Hiervolgens ontsluit die onderrigewer, enersyds, die werklikheid (as vormingsinhoude) op 'n wyse wat dit vir die leerder toeganklik maak. Andersyds, ontsluit die leerder hom- of haarself sodanig vir die inhoude dat die vormingsgeleentheid benut kan word.

Onderrig mag egter nie weer vereng word tot die 'oordrag' van kennis (inhoud) van die onderriggewer na die leerder nie. Dít sou neerkom op 'n herhaling van die mislukkings van die voorskriftelike inhoudoordragbeskouing, wat in 2.2.2.3 bespreek is (vergelyk ook De Corte *et al.*, 1974:15; Gunter *et al.*, 1995:73-78).

Konstruktivistiese navorsing het aangetoon dat kennis (inhoud) nie van een persoon aan ander 'oorgedra' kan word nie. 'n Onderriggewer kan egter omstandighede, wat dit vir die leerder moontlik maak om die kennis *self* op 'n *unieke*, *aktiewe* en *konstruktiewe* wyse te kan toe-eien, daarstel (Sutherland, 1989:103; Shepard, 1991:8; Wang *et al.*, 1993:261-263). Begeleidende en ondersteunende inverhoudingtrede van die onderriggewer met die leerder kan 'n kernfunksie ten opsigte van hierdie kennisverwerwing deur die leerder vervul (Sutherland, 1989:105). In teenstelling met die proses-produkbeskouing, word onderrig dus nie op die *veroorsaking* van leer gerig nie, maar op die *bemoontliking* daarvan.

Daar kan nou gevra word of die onderriggewer self die inhoud 'in die kop' moet hê. 'n Absolute eis dat dit so moet wees, mag daarop dui dat steeds veronderstel word dat onderrig leer deur inhoudoordrag veroorsaak. In teenstelling hiermee word egter aanvaar dat die onderriggewer se primêre taak is om dit vir die leerder moontlik te maak om te kan leer. Daarom kan met Fenstermacher (1986:40) saamgestem word dat:

> "Teachers may have what is to be learned in their heads, or it might be in a book, on a film or computer program, in the head of a guest lecturer, or even already in the head of the person being taught. The task of teachers is *not* necessarily to *posses* the content and *convey* it to the students, but is rather to *enable the student to take possession of the content wherever it is found*." (Klem deur HDN.)

Om misverstand te voorkom, verdien hierdie standpunt egter verdere toeligting. Eerstens moet daarop gelet word dat een of ander vorm van kundigheid of bron van kennis wel teenwoordig moet wees. Die rede hiervoor is duidelik: onderrig en leer geskied nie in 'n lugleegte nie, maar aan die hand van 'iets'. Verder kan 'n onderriggewer beswaarlik 'n funksionele begeleidingsfunksie vervul as hy of sy geen kennis van dit wat geleer moet word, het nie. Die onderriggewer kan egter sekerlik leerbemoontlikend optree sonder om alle inhoud, wat moontlik relevant mag wees, paraat te kan reproduseer.

Oor die die *betrokkenheid van die onderriggewer* in onderrigsituasies is didaktici in die post-positivistiese denkskool eenstemmig. Oor sy of haar *teenwoordigheid* is daar egter verskil van mening. In die algemeen vereis *betrokkenheid* by situasies nie noodwendig *teenwoordigheid* in die situasies nie. Die volgende voorbeelde tipeer die verskillende standpunte in hierdie verband:

- Steyn (1988b:161) stel 'n lewende begeleide menslike interaksie tussen die onderriggewer en die leerder as 'n wesenstrek van onderrig; daarom vereis die betrokkenheid van 'n onderriggewer noodwendig sy of haar teenwoordigheid.

- Fenstermacher (1986:38) stel ook dat onderrig deur die betrokkenheid van 'n onderriggewer gekenmerk word. Uit sy standpunte oor 'waar inhoud kan wees' en oor 'selfonderrig', wil dit egter voorkom of 'betrokkenheid van die onderriggewer' vir hom ook iets anders as 'persoonlike teenwoordigheid'

mag beteken. 'Selfonderrig' het vir Fenstermacher (1986:40) net betekenis in die sin van een persoon wat 'n ander onderrig; hy stel naamlik:

> "...it refers to the actions of persons preparing to learn something on their own. They go out looking for the right texts, find assistance at the appropriate level of difficulty, and guide themselves through trial-and-error stages of development. Because these are the things a teacher frequently does for the learner, we are at ease speaking of teaching oneself."

- Maarschalk (1986:170) is van mening dat 'n onderriggewer ook deur 'n handboek, 'n studiegids, 'n ensiklopedie en dies meer 'betrokke' kan wees. Dit is 'n tipiese voorbeeld van 'selfonderrig' soos deur Fenstermacher bedoel. Die onderriggewer se betrokkenheid word dus as 'n vorm van 'didaktiese', eerder as lewende teenwoordigheid vertolk. Fenstermacher (1986:40) stel tereg dat daar dikwels van 'selfonderrig' gepraat word, maar dat daar dan eintlik verwys word na situasies waar daar sonder die begeleiding van 'n lewend teenwoordige onderriggewer geleer word, of waar die leerder tegelyk as onderriggewer vir homself of haarself optree.

Die vraag na die *doeltreffendheid van onderrig* kan net beantwoord word as daar duidelikheid oor die doel van onderrig, die samehang van die wesenstrekke van onderrig en die onderrig-leerverband verkry word. Daar word met die argumente van Fenstermacher (1986) en Steyn (1988a&b) saamgestem dat leer kan voorkom sonder dat onderrig voorgekom het; onderrig hoef ook nie noodwendig tot (die bedoelde) leer te lei nie. Beide erken egter dat, hoewel onderrig en leer as wesenlik verskillende werklikhede onderskei moet word, daar kwalik van onderrig gepraat kan word, sonder dat daar aan leer gedink word. Onderrig en leer word as't ware natuurlikerwys met mekaar in verband gebring. Op grond hiervan stel hulle 'n *ontologiese afhanklikheids-*, eerder as 'n *oorsaaklike* verband tussen onderrig en leer. Leer volg nie logieserwys op onderrig nie en onderrig is nie 'n noodwendige voorvereiste vir leer nie. Dit sou egter sinloos wees om aan te hou onderrig gee of selfs daarvan te praat as niemand na aanleiding daarvan leer nie.

Volgens hierdie beskouing is die doel van onderrig dus nié leer as sodanig nie, maar die *bemoontliking van leer*. Hiermee word bedoel dat onderrig dit vir die leerder moontlik moet maak om te *kan* leer. Die onderrigintensie behoort dus op die *toerusting van die leerder tot die uitvoer van relevante leertake* gemik te wees, en

nie op verwagte leeruitkomste nie (Bennett, 1987:209; Shuell, 1988:278; vergelyk ook Cangelosi, 1996).

In Fenstermacher (1986) en Steyn (1988a&b) se argumente oor die onderrig-leersamehang speel *metafore* 'n sentrale rol ten opsigte van wat Serafini (1976) 'taak-prestasiepare' noem. Die suksesteorie (kyk 2.2.2.2) stel dat onderrig en leer saamhang soos *verkoop* en *koop*: die onderwyser 'verkoop' (onderrig) en as die leerling nie 'koop' (leer) nie, het die onderwyser nie 'verkoop' (onderrig) nie. Uit voorgaande paragraaf blyk dit egter duidelik dat sodanige standpunt nie houdbaar is nie. Beide skrywers gebruik 'n ander metafoor om die onderrig-leersamehang te verduidelik: onderrig en leer is soos *hardloop* en *wen*. Nie almal wat hardloop, wen nie; deelname kan ook nie ontken word as 'n deelnemer nie gewen het nie. Onderrig kan dus plaasvind, of dit nou tot leer lei of nie. Hierdie metafoor is op sigself egter ook nie volledig nie. Die volgende behoort dit te illustreer:

- Die deelnemer en (moontlike) wenner is *dieselfde* persoon, terwyl daar juis *twee* persone by onderrig (en leer) betrokke moet wees.
- Deelname (hardloop) is 'n *voorwaarde* vir wen, terwyl onderrig *nie* 'n voorwaarde vir leer is *nie*.
- As daar op 'n bepaalde manier gehardloop word, kan wen (sukses) tot 'n hoë mate 'verseker' word. Die leerder kan egter 'n wilsbesluit neem om nie te leer nie, of om een of ander rede nie daartoe in staat wees nie - ongeag die wyse van onderrig.
- Serafini (1976) het aangetoon dat taak-prestasiepare in terme van die logiese aard van die samehang van die elemente in verskillende kategorieë val. Hy kom dan tot die gevolgtrekking dat onderrig-leer en hardloop-wen wesenlik verskillende soorte pare is. (Die voorgaande drie punte is maar enkele aanduidings hiervan.)
- Fenstermacher (1986:39) argumenteer dat een soort handeling slegs 'n soortgelyke handeling kan veroorsaak. Die *handelinge* van die onderriggewer (onderrig) kan dus nie leer, wat 'n *prestasie* ("an upshot") van die leerder is, veroorsaak nie, maar eerder die handelinge van die leerder wat vir leer nodig is ("studenting"), veroorsaak. Ericson en Ellett (1990:5) wys tereg op 'n anomalie in hierdie argument: Op grond hiervan stel Fenstermacher (1986:39) dat onderrig nie leer (kan) veroorsaak nie, maar dan kan "studen-

ting" (handeling) óók nie leer veroorsaak nie! 'n Eng beskouing van leer, naamlik 'n produkbeskouing, lê moontlik aan die wortel van die probleem. Leer word allerweë as 'n *handeling* beskou (Monteith, 1989:4; Newby, Stepich, Lehman & Russell, 1996:8-9) en as sodanig is dit dan 'n soortgelyke soort 'handeling' as onderrig. In navolging van Davidson argumenteer Ericson en Ellett (1990:5) dat soortgelykheid nie as voorwaarde gestel behoort te word nie om tussen oorsaaklike en ander verbande te onderskei.

- Die metafore wat gebruik word, veronderstel 'lineêre verbande' tussen die betrokke elemente (Ericson & Ellett, 1990:5), byvoorbeeld:

  onderrig ↔ leer,

  onderrig ↔ "studenting" ↔ leer

  Dit wil egter voorkom of die verband tussen onderrig (handelinge van die onderriggewer) en produk van leer (prestasie van die leerder) nie lineêr gesien en verklaar behoort te word nie. Ericson en Ellett argumenteer byvoorbeeld dat die handelinge van die onderriggewer (onderrig) *en* dié van die leerder ("studenting") eerder *mede*bepalers van die leerprestasie van die leerder is, sonder dat daar 'n lineêre verband tussen die drie elemente gestel kan word.

Die werklikhede waaroor dit hier gaan, is hoogs gekompliseerd van aard. Daarom sal dit waarskynlik moontlik wees om besware in te bring teen watter metafoor ookal gebruik word om samehange te *verklaar*. Dit blyk egter dat bepaalde dimensies van die wesenstrekke van onderrig, of van die samehange daarvan, wel by wyse van metafore geïllustreer of verduidelik kan word. Metafore alleen sal dus nie voldoende wees om wesenstrekke of samehange te verklaar nie.

2.2.3.3 Nuanses binne die ontologies-kontekstuele denkskool

Binne die post-positivistiese tradisie is verskillende groepe denkers ingesluit. Hierdie groepe is nie altyd eenstemmig oor alle aspekte van onderrig en leer nie. Daar kom naamlik bepaalde nuanses ten opsigte van sekere kernaspekte voor. Die verskillende standpunte oor die betrokkenheid of teenwoordigheid van die onderriggewer, wat vroeër ter sprake gekom het, is maar een duidelike illustrasie hiervan.

Daar kom ook nuanses, wat moontlik op klemverskille met betrekking tot vertrekpunte mag berus, voor. Die leerbemiddeling-, kognitiewe begeleiding- en ekologiese beskouings wat reeds in 2.1 genoem is, is voorbeelde hiervan. Elkeen van hierdie oënskynlik uiteenlopende beskouings veronderstel 'n nie-oorsaaklike verband

tussen onderrig en leer, terwyl onderrig en leer ook telkens in 'generiese terme' beskou en verklaar word. In hierdie sin kan al hierdie beskouings oor onderrig in die ontologies-kontekstuele denkskool geplaas word. Dié beskouings word vervolgens kortliks toegelig om die ontologies-kontekstuele denkskool verder in pespektief te plaas.

- *Die leerbemiddeling-beskouing oor onderrig*

Die leerbemiddeling-beskouing oor onderrig het die afgelope dekade onder invloed van die konstruktivistiese meta-kognitiewe leerpsigologie ontwikkel (Driver *et al.*, 1994:7; Prawat, 1992:377-380; Shulman, 1986:17). Cobb (1988:88) stel een van die sentrale perspektiewe van die konstruktivisme soos volg:

> "Constructivism challenges the assumption that meanings reside in words, actions, and objects *independently of an interpreter*. Teachers and students are viewed as *active meaning-makers* who continually *give contextually based meanings to each others' words and actions as they interact*." (Klem deur HDN.)

Hieruit blyk duidelik dat die sosiale leeromgewing en die interaksies, wat in die onderrigsituasie plaasvind, bepalend bydra tot leer uit onderrig. In navolging van Piaget vervul sosiaal-kontekstuele faktore 'n sentrale funksie in die konstruktivistiese beskouing van leer (Sutherland, 1989:101,103; Driver *et al.*, 1994:7). Daarom het 'n denkrigting, wat as 'sosio-konstruktivisme' (Ernest, 1991:208) bekend is, binne die konstruktivisme ontstaan. In die geval van wiskunde- en wetenskaponderwys waarsku Cobb (1994a:4) egter dat (radikale) konstruktivisme "sanctify the student at the expense of mathematical and scientific ways of knowing" en daarom gee hy voorkeur aan 'sosio-kulturalisme' (Cobb, 1994b:13).

Konstruktiviste is eenstemmig oor die kern van die leerbeskouing, wat hulle denke oor onderrig en leer rig. Soos die inligtingsverwerkingsteoretici stel hulle naamlik dat *leer 'n aktiewe, konstruktiewe, kumulatiewe en doelgeoriënteerde handeling is waartydens inligting tot kennis verwerk word* (Shuell, 1988:277). In navolging van skrywers soos Anderson en Bereiter stel Shuell (1990:540) verder dat *betekenisvolle* leer ten beste in terme van *probleemoplossing* gekarakteriseer kan word. *Leerderdenke* en *-voorkennis* is onontbeerlik vir leer om te kan plaasvind (Shuell, 1988:277). Tydens die onderrig-leergebeure is die leerder denkend-aktief betrokke in doelgeoriënteerde en kumulatiewe konstruksie van hulle eie kennis aan die hand

van voorkennis, inhoude, interaksies en handelinge waaraan betekenis gegee kan word (Cangelosi, 1996:77; Yager, 1991:54-55).

Kennis wat verwerf word, is dus nie 'n kopie van die oorspronklike inligting (inhoud) nie, maar 'n *rekonstruksie* daarvan. Dít hou ingrypende implikasies vir die onderrig-leergebeure in (Cangelosi, 1996:85-87; Monteith, 1989:4; Schoenfeld, 1988:147). Indien die onderriggewer nie hiermee rekening hou nie, kan ernstige misverstande tussen die hom of haar en die leerders tot wanopvattinge en -begrippe lei. Dit hou ook verder in dat leerders bepaalde verantwoordelikheid vir hulle eie leer moet aanvaar.

Vanuit 'n Skrifmatige perspektief word ook daarvan uitgegaan dat leerders nie in onderrigsituasies willoos en verantwoordelikheidloos aan omstandighede uitgelewer is nie (Van Brummelen *in* Fowler *et al.*, 1990:139; Van der Walt *et al.*, 1985:159). Die vertrekpunt van die leerbemiddeling-beskouing oor onderrig is dus nie noodwendig in stryd met Skrifmatige denke oor onderrig en leer nie.

Onderrig word as daardie handelinge wat tot die leerhandeling aanleiding moet gee, beskou (Hiebert & Wearne, 1988:105; Newby *et al.*, 1996:25). Onderrig behoort dus op die fasilitering, begeleiding en ondersteuning van die leerhandeling, die skep van betekenisvolle leergeleenthede en die uitvoer van relevante leertake gerig te wees, eerder as op leeruitkomste as sodanig (Bennett, 1987:209; De Corte, Lodewijks, Parmentier & Span, 1987:xvi; Doyle, 1988:177-178). Reformatoriese skrywers, waaronder Van Dyk (*in* Fowler *et al.*, 1990:156) en Van Brummelen (1990:10-15), onderskryf 'n ooreenstemmende beskouing oor onderrig-leer in klaskamers.

Prawat (1992:361), soos Cobb (1988:88), argumenteer tereg dat daar 'n mate van spanning tussen die leer- en die onderrigteoretiese velde bestaan. Dit geld in die besonder as die konstruktivistiese leerbemiddeling-beskouing oor leer en in onderrigverband toegepas word. Konstruktiviste wys byvoorbeeld die aktiewe ingryping ("intervention") van die onderriggewer in die leerder se leerhandeling af (Sutherland, 1989:105). Sutherland (1989:105-106), in ooreenstemming met Shuell (1988:285-286), toon egter duidelik aan dat doeltreffende leer bevorder kan word deur die 'versigtige' doelbeplande en -gerigte sodanige ingryping van die onderriggewer. Dit blyk dus dat die algemene aard van die didaktiese inwisselwerkingtrede van die onderriggewer met die leerder, en van die leerder met die inhoud, grondig herbedink behoort te word, alvorens die konstruktivistiese *leer*teorie summier in *onderrig*situasies toegepas kan word. Die daarstel van 'n 'beter' leerteorie, hoe

gesofistikeerd ook al, beredder nog nie die gebrek aan 'n onderliggende didaktiese teorie nie (vergelyk die aangehaalde standpunt van Sternberg (1986) in 1.1). Daar word inderdaad met Steyn (1988b:160) saamgestem dat didaktiese praktyk op 'n didaktiese teorie, waarin leerteoretiese oorwegings verreken is, gegrond behoort te word, eerder as op 'n leerteorie.

- *Klaskamerekologiese beskouings*

Die 'ekologiese' onderrigbeskouings berus op die standpunt dat die klaskamergebeure vanuit 'n geheelperspektief beskou moet word (Shulman, 1986:19; Zabel & Zabel, 1996:25). Die redusering van die klaskamergebeure tot afsonderlike gebeurtenisse en gedragspatrone, sonder om die geheelverband in ag te neem, wat by die proses-produktradisie voorkom, word dus afgewys.

Onderrig kan nie van die omgewing en kontekste waarbinne dit plaasvind, losgemaak word nie. Die onderrig op skool vind in drie 'ingeneste' omgewings plaas: die klaskamer, die skool en die 'buite-wêreld'. Daar is ook verskillende kontekste waarbinne onderrig en geleer kan word. Die onderrig-leergebeure kan byvoorbeeld vanuit 'n onderwyser-, leerder-, leer- of 'n probleemgesentreerde konteks benader word. Die klaskamer vorm 'n mikro-kosmos-leerwêreld waar die leerling geleentheid kry om vir die eise van die breë makro-kosmos-leefwêreld voor te berei. Die klaskamer word daarom as 'n hoogs gekompliseerde plek, waarbinne die onderrigsituasie geskep moet word, beskou (Van Dyk *in* Fowler *et al.*, 1990:155-156; Zabel & Zabel, 1996:27).

Kwalitatiewe sosio-linguïstiese en antropologiese, eerder as kwantitatiewe empiristiese oorwegings, bepaal die wyse waarop die 'werkplek' ingeklee word (Cobb, 1994b:14-17; Shulman, 1986:18). Die 'werkplek' sluit die klaskamer, asook die breër leeromgewing in. Dit het noodwendig 'n belangrike invloed op die doeltreffendheid van die onderrig- en leerverloop. Die beskikbaarheid, al dan nie, van konkrete onderrig- en leermedia in 'n wiskundeklaskamer van 'n primêre skool, en die invloed daarvan op die onderrig- en leerverloop, illustreer dít voldoende.

Daar word saamgestem dat onderrig 'n *wyse van opvoeding* is (Steyn, 1982:4; Van Dyk *in* Fowler *et al.*, 1990:156). Die strukturering van die werkplek, waarbinne onderrig doeltreffend kan verloop, moet gevolglik as 'n *intensionele opvoedende onderwyshandeling* beskou word. Die onderwyser moet daarom die onderrig-leer-

omgewing en -konteks doelgerig, doelbepland en doelmatig *vir leerders*, wat denkend-handelend daarbinne optree, daarstel (vergelyk ook Doyle, 1986).

Die belang van omgewingsfaktore moet teen hierdie agtergrond beskou word. Sosio-linguïstiese faktore moet byvoorbeeld nie tot sodanige mate beklemtoon word dat onderrig bloot as 'n kommunikasiegeleentheid beskou word nie. Eweneens moet die klem nie so op kontekstuele faktore geplaas word dat die indruk by onderriggewers gewek word dat leerlinge willekeurig deur middel van die omgewing gemanipuleer kan word nie. Daar moet ook nie toegelaat word dat oormatige klem op die *produkte* van leer tot die oorbeklemtoning van die rol van die omgewing lei nie.

- *Kognitiewe begeleiding-beskouing oor onderrig*

Dit is reeds gestel dat konstruktiviste enige vorm van aktiewe rol van die onderriggewer tydens die leergebeure afwys. Daar is ook daarop gewys dat ander voorstanders van die leerbemiddeling-beskouing stel dat doelbeplande en -gerigte ingryping van die onderriggewer in die leerhandeling leer in klaskamers kan bevorder.

Fennema en medewerkers het oor 'n geruime tyd indringend navorsing gedoen na die samehang van onderrig en leer in klaskamers (Fennema *et al.*, 1991:30-34). Hulle navorsing het die besondere bydrae van die onderriggewer ten opsigte van 'kognitiewe begeleiding' van die leerder in die onderrig-leergebeure bevestig. 'n Algemene model, waarvolgens kognitiewe begeleiding beskryf en verklaar kan word, is ontwikkel; dit word in Figuur 2.1 voorgestel. Die waarde van hierdie model lê daarin dat dit spesifieke determinante vir kognitiewe begeleiding van leer, asook die verbande daartussen, identifiseer en verklaar.

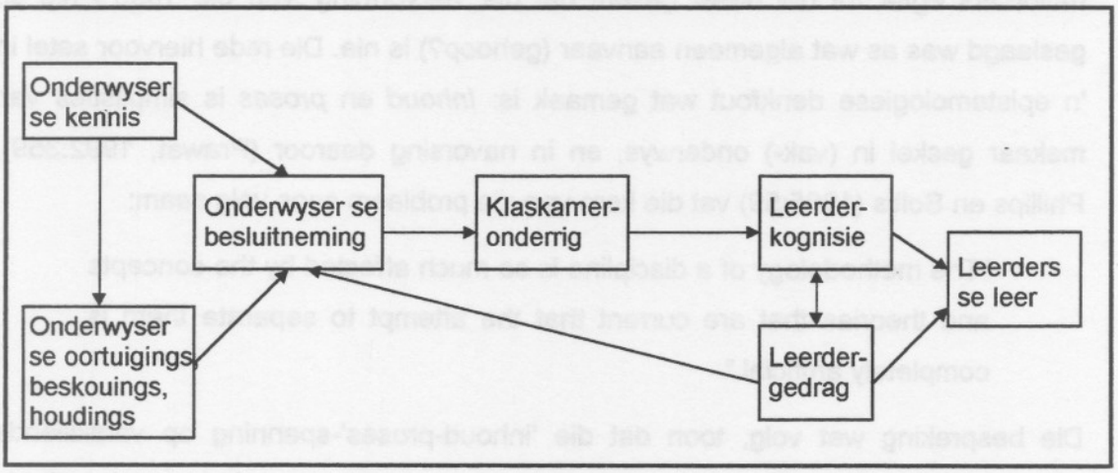
Volgens Fennema *et al.* (1991) is die determinante van kognitiewe begeleiding:

- Onderriggewers se *kennis* van die vak, die leerlinge se kennis en denke, asook die onderrigpraktyk.
- Onderriggewers se *oortuigings*, *opvattinge* en *verwagtings* oor hulle en die leerders se bevoegdhede, die rolle van die deelnemers aan die onderrig-leergebeure, die leerinhoud of kurrikulum en die samehang van onderrig- en leerhandelinge.
- Onderriggewers se vermoë om leerlinge *toegang tot kennis*, eerder as die kennis self, te gee.

Hierdie determinante dra by tot kognitiewe begeleiding deurdat dit:

- onderriggewers se vermoë tot, en die wyse van, *besluitneming* en *onderriggewing* medebepaal,
- individuele leerlinge se *kognisie*, *metakognisie* en *gedrag* kan mobiliseer om die leerhandeling te aktiveer.

Figuur 2.1 : Model vir kognitiewe begeleiding van onderrig en leer (Fennema *et al.*, 1991:31)



2.2.3.4 Slotopmerking

Die werklikheid, asook elke struktuur daarbinne, toon van nature 'n gebroke karakter. Daarby het die mens hoogstens beperkte insig in werklikheidstrukture, soos onderrig en leer. Daarom kan die nuwe generiese beskouings oor onderrig en leer sekerlik ook nie op volledigheid en die volle waarheid in hierdie verband aanspraak maak nie.

Dit kan egter, sonder vrees vir teëspraak, gestel word dat hierdie 'nuwe' beskouings 'n tree vorentoe op die pad van die ontwikkeling van 'n begronde didaktiese teorie, waarop doeltreffende didaktiese praktyke gebaseer kan word, verteenwoordig.

Die positivistiese onderrigbeskouings, wat in paragraaf 2.2.2 bespreek is, vertoon sekere tekortkominge. Genoemde onderrigbeskouings berus naamlik in wisselende mate op sekere denkfoute. In die besonder kan die beperkinge van die positivistiese beskouings oor onderrig aan hierdie gebrekkige grondtrekke toegeskryf word. Hierdie beperkinge en denkfoute word vervolgens gekategoriseer en beredeneer, waarna die kernvrae in 2.1 beantwoord kan word. In die bespreking, wat volg, word by Prawat (1992) se klassifikasie van hierdie beperkinge gehou.

2.3 BEPERKINGE VAN BESKOUINGS OOR ONDERRIG EN LEER IN KLASKAMERS

2.3.1 Inleiding

Na die "Sputnik"-skok van die laat vyftigerjare, moes die beskouings wat destyds in die Westerse wêreld oor onderrig en leer in klaskamers gehuldig is, herbedink word. Nuwe benaderings tot die onderrig-leergebeure het na vore gekom (Gunter *et al.*, 1995:73-78; Prawat, 1992:359; Shulman, 1986:4-6). Teen die vroeë tagtigerjare het navorsers egter tot die besef gekom dat die 'hervorming' van die 1960's nie so geslaagd was as wat algemeen aanvaar (gehoop?) is nie. Die rede hiervoor setel in 'n epistemologiese denkfout wat gemaak is: *Inhoud* en *proses* is simplisties van mekaar geskei in (vak-) onderwys, en in navorsing daaroor (Prawat, 1992:359). Phillips en Soltis (1985:59) vat die kern van die probleem soos volg saam:

> "The methodology of a discipline is so much affected by the concepts and theories that are current that the attempt to separate them is completely artificial."

Die bespreking wat volg, toon dat die 'inhoud-proses'-spanning op verskillende maniere bydra tot die beperkinge van beskouings oor en benaderings tot onderrig en leer in klaskamers. Volgens Prawat (1992:357-358) kan hierdie beperkinge in vier kategorieë geplaas word. Eerstens word die leerder en die inhoud as vaste en nie-interaktiewe entiteite beskou. Tweedens word 'n naïewe oortuiging gehuldig dat leerder-aktiwiteit leer verseker ('naïewe' konstruktivisme). Derdens, word onderrig en leer vanuit 'n 'oordrag'-perspektief beskou, wat daartoe lei dat leer verkeerdelik van toepassing, begrip en probleemoplossing geskei word. Ten slotte word die vakkurrikulum as 'n 'vaste agenda' beskou. Hierdie beperkende beskouings verdien nadere toeligting.

2.3.2 Vaste en nie-interaktiewe beskouings oor die leerder en die inhoud

'n Algemene denkfout wat in beskouings oor onderrig gemaak word, is dat daar in *statiese* en *nie-interaktiewe* terme na die *leerder* en die *(vak)inhoud* as komponente van die onderrig-leersituasie gekyk word. Kriteria en determinante vir onderrig en leer, wat met die leerder en die inhoud verband hou, word as relatief vas en onafhanklik van omstandighede, soos klasomgewing en vakterrein, beskou. Verder word die leerder en die inhoud, wat geleer moet word, as teenpole, eerder as same-

hangende interaktiewe komponente in die onderrig-leersituasie beskou (Nickson, 1992:102; Prawat, 1992:361). Die rigiede 'stelsel'-benadering tot onderrig en leer, wat uit die proses-produkbeskouing spruit, toon dat 'sukses'-benaderings sprekende voorbeelde van hierdie kategorie tekortkominge is (kyk 2.2.2.2 en 2.2.2.3).

Prawat (1992:362) kom tot die slotsom dat die statiese nie-interaktiewe beskouing oor die leerder en die inhoud hoofsaaklik om twee redes ontstaan het.

Ten eerste, is generiese verskille tussen individuele leerders oormatig en ten koste van die seleksie en die verstaan van vakinhoud, asook die betekenisgewing daaraan deur die leerders, beklemtoon. Die verskille, asook die gevolge daarvan, word aan neurologiese, kulturele en ontwikkelingsfaktore toegeskryf, en nie aan verskille as gevolg van dinamiese onderrig-leerverwante faktore, soos sinvolle interaksie en betekenisgewing, nie. Gevolglik word aanvaar dat leerders "...[have] essentially fixed approaches to things, and teachers must accept this" (Monk & Simpson, aangehaal deur Prawat, 1992:363). Volgens Resnick (1981) het dit plaasgevind omdat differensiële en ontwikkelingpsigoloë opvoedkundiges ten onregte oortuig het dat hierdie relatief vaste verskille tussen leerders as 'gegee' aanvaar moet word. Onderrig en leer moet dus eerder by hierdie verskille aangepas word, as om te poog om die verskille op te hef of te verander. Onderrig en leer word gevolglik in terme van die 'verpakking', 'versending' en 'ontvangs' van leerinhoud beskou. Die tekortkominge van proses-produkbeskouings oor onderrig behoort duidelik tot hierdie kategorie.

Ten tweede, is die ware aard van kennis nie goed deur opvoedkundiges, onderwysers en onderwysersopleiers begryp of in onderrig-leersituasies in berekening gebring nie. Die 'tradisionele' statiese en formalistiese beskouing oor vakinhoud is te lank ten koste van 'n dinamiese 'groei-en-verander'-inhoudbeskouing gehuldig (Nickson, 1992:103). Vakinhoud, en maniere om dit te bemeester, word in absolute terme en as vas beskou. Thompson (1984:121) het egter bevind dat onderwysers met 'n vakbeskouing (inhoud-), wat met die dinamiese handelinge betrokke by die voortbring van die vakkennis ooreenstem, beter as 'tradisionele' onderwysers in staat is tot interaktiewe, konstruktiewe en nie-rigiede optrede tydens onderrig-leersituasies. Eersgenoemde groep onderwysers is ook minder geneig om 'handboek'- en 'ekspert'-gerig of '-afhanklik' onderrig te gee (Cangelosi, 1996:52; Prawat, 1992: 365).

2.3.3 'Naïewe' konstruktivisme

Dit word vandag algemeen aanvaar dat outentieke ervaring en aktiwiteit nodig is vir betekenisvolle en begripmatige leer. Dewey (1963:49,74) het alreeds vroeg in hierdie eeu beklemtoon dat dit 'n sentrale taak van die onderriggewer is om leerervarings so te kies en te struktureer dat leerders aan die hand van geskikte leerinhoud betekenis kan gee aan hulle lewenservarings en kan vorder na ryker, voller en meer gesofistikeerde (vak)kennis.

Mettertyd het die klem egter na 'ervaring ter wille van die genot van ervaring', in plaas van die opvoedkundige waarde van ervaring, verskuif. Onderwysers het 'n oordrewe naïewe vertroue in leerders se vermoëns om hulle eie leer te struktureer, ontwikkel (Prawat, 1992:369-370). 'n 'Naïewe konstruktivistiese' beskouing oor onderrig en leer het volgens Prawat (1992:357) ontwikkel; dit kan getipeer word deur uitsprake soos "Solank die kinders aktief is, word daar geleer". Ervaring en aktiwiteit word dus gelyk gestel met leer, en ook met betekenisgewing aan ervarings, handelinge en inhoud. Volgens Yinger (Prawat, 1992:371) vorm handelinge, en nie 'idees' (verwagtings, intensies en inhoudkerne) nie, in dié geval die vertrekpunt van onderwysers se lesbeplanning.

Onderrig kan binne verskillende 'tradisies' in 'n eng behavioristiese perspektief beskou word; in sulke gevalle kan verwag word dat naïewe konstruktivistiese trekke na vore sal tree. In hierdie verband moet ook ontologies-kontekstuele denkers byvoorbeeld daarteen waak dat die bemoontliking van leer, en "studenting", nie ten koste van die instrumentele funksie van die leerinhoud tot doelbereiking beklemtoon word nie (kyk 2.2.3.2). Verder is die gevaar van naïewe konstruktivistiese praktyke wesenlik in gevalle waar die benadering tot onderrig en leer 'n sterk koöperatiewe leer- en heuristiese inslag het. Die leerbemiddeling-, die sosiaal-konstruktivistiese en die klaskamerekologiese beskouings en benaderings moet dus met groot sorg oorweeg en beplan word (kyk 2.2.3.3).

2.3.4 'n 'Oordrag'-beskouing oor onderrig en leer

In 2.2.2 is daarop gewys dat leerders 'tradisioneel' as leë vate of skoon leie beskou word en dat onderrig as die oordrag van inhoud (kennis) aan die leerder beskou word, terwyl leer as die inneem (opneem, oorneem) daarvan beskou word. Die ontleding van die inhoudoordragbeskouing (in 2.2.2.3) bring aan die lig dat dit op aannames berus, wat nie deur navorsing gerugsteun word nie (vergelyk ook Prawat, 1992:371-374).

Aan die wortel van die oordragbeskouing oor onderrig en leer lê die aanname dat *betekenis* inherent in die woorde en handelinge van die onderriggewer en in objekte in die onderrig-leeromgewing teenwoordig is, en daardeur oorgedra word, ongeag die konteks waarbinne die onderrig en leer plaasvind (Cobb, 1994a:4; Prawat, 1992: 372). Kennis word dus as onafhanklik van die situasie waarbinne dit verwerf en gebruik word, beskou (Brown, Collins & Duguid, 1989a). Kennis is dus as't ware soos 'n stel gereedskap wat van plek tot plek gedra word, gebruik word en weer onveranderd gebêre word. Die kennis-gereedskap word ook in een konteks verwerf en in 'n ander gebruik. Dít kom weer daarop neer dat leer van toepassing, begrip en probleemoplossing geskei word. Leerinhoud word hierdeur 'gedekontekstualiseer' en van belangrike samehange gestroop, in plaas daarvan dat die *gesitueerdheid* van en die *samehange* betrokke by leerinhoud, onderrig en leer, begrip, toepassing en probleemoplossing beklemtoon word (Atweh *et al.*, 1998:64; Brown, Collins & Duguid, 1989b:33; Newby *et al.*, 1996:34-36; Prawat, 1992:374).

'n Enkele praktiese illustrasie is voldoende om die beperkende effek van die oordragbeskouing te illustreer: wiskundeleerders wat aan 'tradisionele' (en selfs ook bemeesteringgerigte) wiskundeonderrig onderwerp is, ondervind probleme om selfs relatief eenvoudige vaardighede, soos basiese reken- of bewerkingsvaardighede, in probleemsituasies, wat maar net effens verander is, toe te pas (Cobb, 1988:97-99; Prawat, 1992:374).

2.3.5 'n 'Vaste agenda'-kurrikulumbeskouing

Beskouings oor kurrikulum, onderrig en leer kan nie geskei word nie, want aldrie het ten nouste betrekking op die 'mees waardevolle kennis' wat onderrig en geleer moet word, en hoe dit onderrig en geleer behoort te word. Op grond hiervan kan gestel word dat (vak-) onderwysers se beskouings oor die (vak-) kurrikulum en –inhoud hulle beskouings oor onderrig en leer bepalend sal beïnvloed (vergelyk ook Prawat, 1992:382).

'n Populêre beskouing oor die kurrikulum hou in dat dit as die 'vaste baan tot doelbereiking' beskou word (Carl, 1995:31; Egan, 1978:66; Steyn, *s.a.*:2). Sodanige kurrikulumbeskouing is dikwels in 'n stabiele (vaste) en meganistiese beskouing oor die werklikheid en oor kennis (leef- en leerinhoud) gewortel (Prawat, 1992:382). As daar dan ook nie duidelik onderskei word tussen die kurrikulum en die onderrig-leersituasie nie, word die kurrikulum as't ware as 'n 'geslote stelsel' of 'vaste agenda' vir die onderrig-leergebeure beskou. 'n Formalistiese en meganistiese

beskouing oor die onderrig-leersamehang vloei dan na die klaskamer deur, en die onderriggewer word as 'n eksterne reguleerder van die 'stelsel' beskou (Prawat, 1992:384). In wiskundeonderwys lei dit byvoorbeeld tot 'n rigiede en formalistiese geslote stelselbenadering tot onderrig en leer, soos wat by tradisionele bemeesteringgerigte, aktiewe en direkte onderrigmodelle gesien kan word (kyk 2.2.2; vergelyk ook Brumbaugh, Ashe, Ashe & Rock, 1997:44-47; Nickson, 1992:103).

Uit 'n omvattende oorsig van relevante literatuur kom Prawat (1992:382) tot die slotsom dat die 'geslote stelsel'-beskouing oor die kurrikulum eerder met 'n 'oop stelsel'-beskouing daaroor vervang moet word. Dit hou in dat die kompleksiteite en moontlikhede tot verandering (ontwikkeling en groei) van strukture in die werklikheid verreken moet word. Sodanige beskouing oor die kurrikulum, onderrig en leer strook nie alleen met resente denke oor wetenskap en kennis nie (Nickson, 1992:103; Prawat, 1992:382), maar ook met Van Brummelen (1990:9-10) se Skrifmatig-begronde beskouing oor die kurrikulum as 'n dinamiese proses (vergelyk ook Carl, 1995:31-33). Wat skoolwiskundeonderwys betref, bepleit Nickson (1992:103) byvoorbeeld 'n 'verander-en-ontwikkel'-perspektief op die kurrikulum, onderrig en leer.

Die kernvrae, wat in 2.1 met betrekking tot onderrig en doeltreffende onderrig gestel is, kan nou beredeneer word. Inligting wat uit die bespreking in die vorige gedeeltes verkry is, word nou met mekaar in verband gebring en tot 'n nuwe begronde en geïntegreerde beskouing oor doeltreffende onderrig saamgestel.

2.4 WAT IS ONDERRIG EN DOELTREFFENDE ONDERRIG?

Die vraag na wat onderrig is, kom eerstens aan die orde, waarna die doel van onderrig en die vraag na wanneer onderrig doeltreffend is in oënskou geneem word.

2.4.1 Wat is onderrig?

Aangesien onderrig 'n werklikheidverskynsel is, beskik dit oor 'n eie karakteristieke struktuurwet waarvolgens die wese daarvan ingelê is. Om die onderriggebeure dus te verstaan en doeltreffend aan te wend, moet hierdie struktuurwet eers ontdek en blootgelê word. Die ontiese trekke van die 'ding' *onderrig* moet eers bepaal word. Die vraag wat beantwoord moet word, is na wat 'n handeling *onderrig* maak en nie iets anders, soos leer, nie.

Die ontleding van gedane onderrignavorsing in 2.2 toon dat navorsers bepaalde elemente binne die onderriggebeure as wesenstrekke daarvan aandui. Kortliks saamgevat, kom dit op die volgende neer:

- Daar is eenstemmigheid dat onderrig 'n *intensionele handeling* is.
- Spesifieke *inhoud* (die kurrikulum), wat 'n beste instrument is aan die hand waarvan die aanvangsdoel (intensie) verwesenlik kan word, is onontbeerlik in onderrigsituasies.
- Die betrokkenheid van ten minste twee persone in onderrigsituasies kan eweneens nie weggedink word nie, naamlik dié van 'n fasiliterende en begeleidende *onderriggewer* én van 'n aktiewe deelnemende *leerder*.
- Die onderriggewer tree op een of ander manier in wisselwerking (*interaksie*) met die leerder om die intensie aan die hand van die betrokke inhoud te verwesenlik.
- Daar is 'n noue wisselwerking tussen dít wat in 'n onderrigsituasie gebeur en die besondere *omgewing* (konteks) waarbinne die onderrig plaasvind.

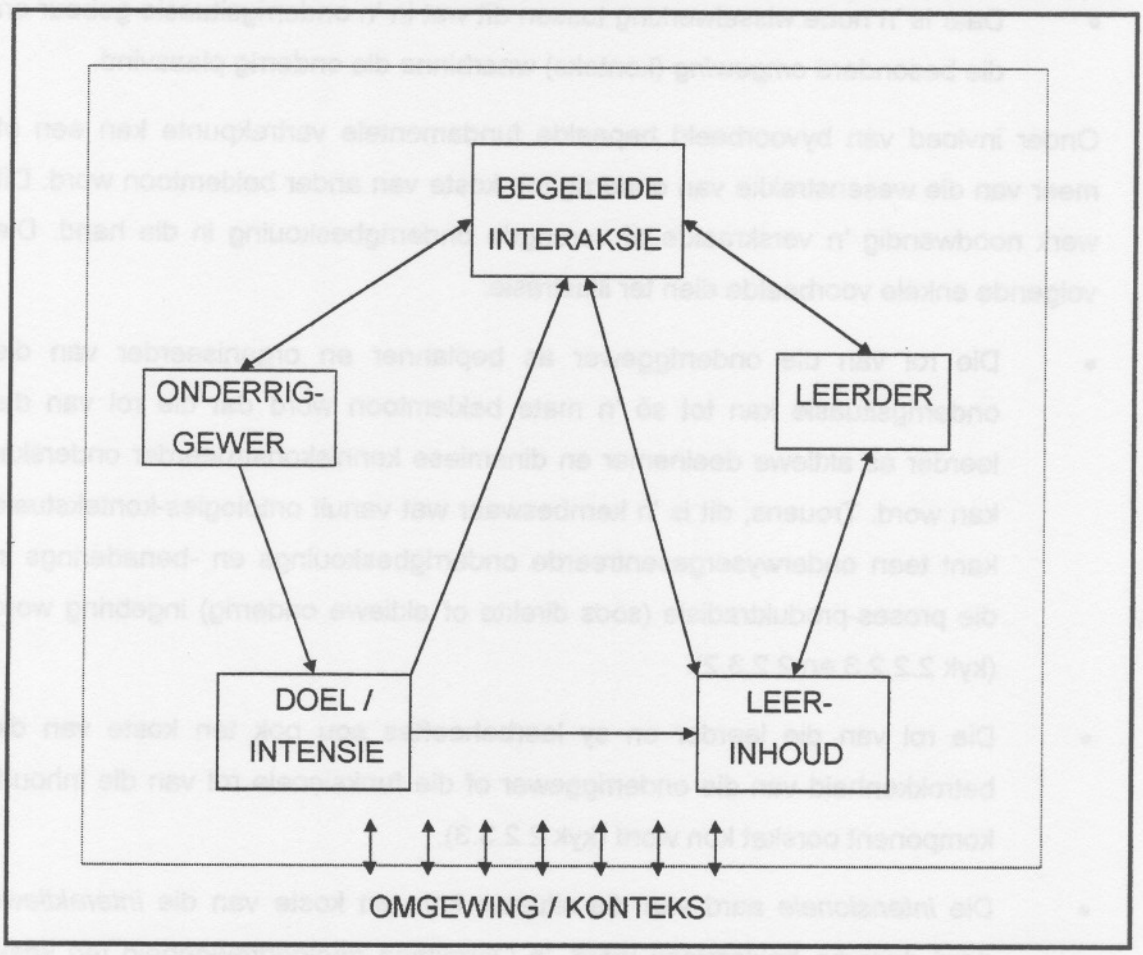
Onder invloed van byvoorbeeld bepaalde fundamentele vertrekpunte kan een of meer van die wesenstrekke van onderrig ten koste van ander beklemtoon word. Dít werk noodwendig 'n verskraalde of verengde onderrigbeskouing in die hand. Die volgende enkele voorbeelde dien ter illustrasie:

- Die rol van die onderriggewer as beplanner en organiseerder van die onderrigsituasie kan tot só 'n mate beklemtoon word dat die rol van die leerder as aktiewe deelnemer en dinamiese kenniskonstrueerder onderskat kan word. Trouens, dít is 'n kernbeswaar wat vanuit ontologies-kontekstuele kant teen onderwysergesentreerde onderrigbeskouings en -benaderings in die proses-produktradisie (soos direkte of aktiewe onderrig) ingebring word (kyk 2.2.2.3 en 2.2.3.2).
- Die rol van die leerder en sy leerbehoeftes sou ook ten koste van die betrokkenheid van die onderriggewer of die funksionele rol van die inhoud-komponent oorskat kon word (kyk 2.2.3.3).
- Die *intensionele* aard van die situasie kan ten koste van die *interaktiewe* aard daarvan beklemtoon word. 'n Oormatige doelgedrewenheid ten koste van die intermenslike samesyn in die onderriggebeure sou die gevolg kon wees. 'n Omgekeerde situasie kan natuurlik ook voorkom: die klem mag só

op die sosiale samesyn wees dat weinig doelgerigte en intensionele onderrig (en leer) kan plaasvind. 'n Versteuring van die samehang van spel en opdrag as onderrigwyses (Coetzee, Malan & Steyn , 1985:40-43, 47-49; Van der Stoep & Louw, 1976:74-78, 87-91) kan ondermeer tot sulke situasies bydra of daaruit voortspruit.

Die komplekse samehang van die wesenstrekke van die elemente van onderrig kan met die beeld van 'n *ekostelsel* verduidelik word. *'n Ekostelsel is 'n komplekse samehang van afsonderlik identifiseerbare elemente in 'n situasie in die natuur. Daar word egter eers in die onderlinge samehang van eienskappe, belange en funksies volledig sin en betekenis aan die individuele syn, sowel as die gemeenskaplike (en simbiotiese) samesyn van die elemente gegee.* Soortgelyk word in die onderlinge samehang van eienskappe, belange en funksies van die wesenstrekke van onderrig sin en betekenis aan menslike gebeure as 'n onderrigsituasie gegee.

Figuur 2.2 : 'n Ontologies-kontekstuele model van 'n onderrigsituasie



Navorsers en onderrigpraktisyns behoort daarom daarna te streef om 'n gebalanseerde geheelsiening van die onderriggebeure te handhaaf. Hiertoe is duidelikheid

oor die relatiewe plek en funksie van die wesenstrekke van die onderriggebeure, afsonderlik en in samehang, 'n voorvereiste. Die volgende definisie van onderrig word vir die doeleindes van hierdie ondersoek gebruik en bied moontlik 'n vertrekpunt in hierdie verband (kyk Figuur 2.2 vir 'n skematiese voorstelling daarvan):

> *Onderrig is 'n komplekse menslike en opvoedingshandeling waarvolgens een persoon intensioneel en begeleidend binne 'n sekere opset (konteks) met 'n ander persoon, wat nie oor sekere kennis, vaardighede, houdings of 'n ander vorm van inhoud beskik nie, in interaksie tree sodat dié in staat gestel word om 'n vooropgestelde doelstelling(s) aan die hand van die inhoud te kan verwesenlik.*

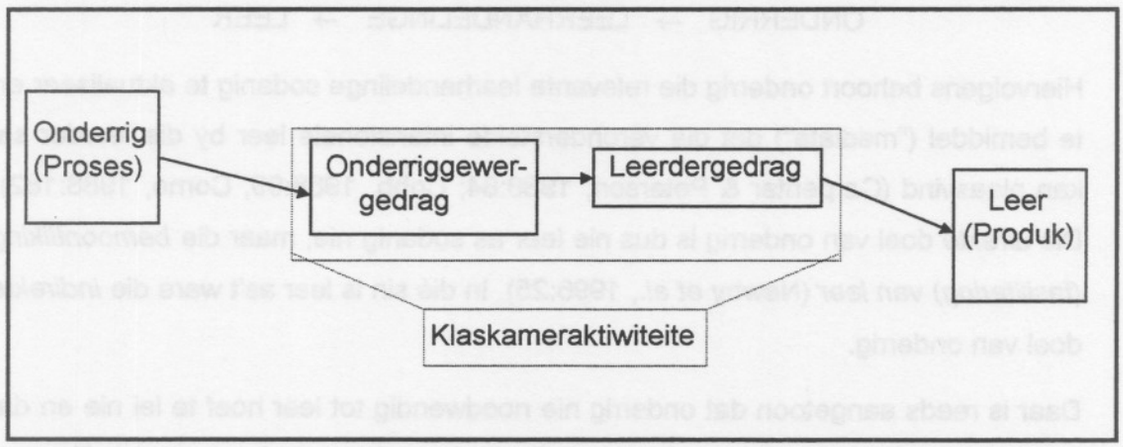
2.4.2 Wat is die doel van onderrig?

In die *proses-produk*tradisie word onderrig in terme van leer verklaar: soos *verkoop* betekenis aan *koop* gee, gee *leer* betekenis aan *onderrig*. Die doel van die onderriggewer se onderrigproses word in terme van die verwagte produkte van die leerders se leer verklaar. Die veronderstelling is dus dat *leer* die doel van onderrig is (kyk 2.2.2). 'n Lineêre doelketting word hier veronderstel (kyk Figuur 2.3), naamlik:

ONDERRIG → LEER

Daar word gestel dat onderrig tot die *demonstrasie van verwagte meetbare leeruitkomste* moet lei. Die mate waarin die leerders in staat is om die verwagte leeruitkomste na afloop van die onderrig te demonstreer, bepaal die doeltreffendheid van die onderrig (Corno, 1988:183; Esler & Sciortino, 1988:3; Shulman, 1986:10).

Figuur 2.3 : 'n Lineêre proses-produkmodel van onderrig-leer



Indien leer as 'n *produk* beskou word, kom dit neer op 'n behavioristiese verskraling van die komplekse onderrig-leergebeure (Monteith, 1989:4). Onderrig word dan gereduseer tot die blote manipulasie van 'korrekte' insetveranderlikes om die 'regte' leeruitkomste te verkry (kyk 2.2.2). Hiervolgens word leer op 'n min of meer voorspelbare wyse deur onderrig veroorsaak (Esler & Sciortino, 1988:3; Corno, 1988: 182-183). Dit strook duidelik nie met die komplekse aard van onderrig én van leer nie.

Selfs al word leer as 'n *proses* beskou (Monteith, 1989:4), gaan die proses-produk-beskouing van onderrig mank aan gebreke. Daar word steeds 'n oorsaaklike verband tussen onderrig en leer veronderstel op grond waarvan doeltreffende onderrighandelinge steeds op positivistiese en korrelatiewe wyse deur navorsing bepaal word. Die onderrig-leersituasie word dus steeds in 'n meganistiese lig beskou; die komplekse aard daarvan word steeds nie voldoende in ag geneem nie (Cobb, 1988:99; Corno, 1988:188; Fenstermacher, 1986:39; Shulman, 1986:15; Steyn, 1988b:159). Hoewel dit erken word dat die leerder 'n aktiewe rol in die onderrig-leersituasie speel (Rosenshine & Stevens, 1986), word daar steeds geïmpliseer dat die leerproses min of meer willekeurig deur die onderwyser se onderrighandelinge gemanipuleer kan word.

Die beperkings of tekortkominge van sodanige programme word teruggevoer na die onvoldoende inagneming van die 'akademiese leertyd' wat tussen die uitvoer van onderrighandelinge en die vorming van die verwagte leerprestasie verloop (kyk 2.2.3.3). 'n Nuwe en uitgebreide, maar steeds lineêre, doelketting word gevolglik voorgestel om vir die 'akademiese leertyd' voorsiening te maak (Cobb, 1988:88-91; Shulman, 1986:13):

ONDERRIG → LEERHANDELINGE → LEER

Hiervolgens behoort onderrig die relevante leerhandelinge sodanig te aktualiseer en te bemiddel ("mediate") dat die veronderstelde intensionele leer by die leerder sal kan plaasvind (Carpenter & Peterson, 1988:84; Cobb, 1988:99, Corno, 1988:182). Die *direkte* doel van onderrig is dus nie leer as sodanig nie, maar die *bemoontliking (fasilitering) van leer* (Newby *et al.*, 1996:25). In dié sin is leer as't ware die *indirekte* doel van onderrig.

Daar is reeds aangetoon dat onderrig nie noodwendig tot leer hoef te lei nie en dat leer ook sonder onderrig kan plaasvind. Onderrig en leer word egter natuurlikerwys met mekaar in verband gebring. Volgens die ontologies-kontekstuele perspektief is

hierdie verband *ontologies afhanklik*, eerder as *oorsaaklik* van aard (kyk 2.2.3.2). Daar word geargumenteer dat onderrig die leerder moet toerus tot die *uitvoer van relevante leertake*. Die (direkte) doel van onderrig is dus om die leerder sodanig toe te rus en gereed te maak dat die take wat vir die bedoelde leerhandeling nodig is, uitgevoer kan word; die leerder moet kan "student" (kyk 2.2.3.2). Die leerhandelinge in die voorgaande lineêre doelketting word op 'n spesifieke manier 'benoem':

ONDERRIG → "STUDENTING" → LEER

In die voorgaande bespreking tree die aaneenskakeling van een of meer oorgange tussen verbandhoudende veranderlikes in doelkettings telkens na vore. Die oorgange is van 'n *lineêre* (eendimensionele) vorm, naamlik "X→Y". Daardeur word aangedui dat "X die *oorsaak* vir Y is" of dat "Y die *gevolg* van X is"; anders gestel, dat X daarvoor *verantwoordelik* is dat Y plaasvind. Enkele aspekte van sodanige oorgange en doelkettings word vervolgens met betrekking tot die vrae onder bespreking toegelig.

Ericson en Ellett (1990:5), soos Fenstermacher (1986:39), wys daarop dat *oorsaak* dikwels in die taal gebruik word wanneer *direkte oorsaak* bedoel word. Ericson en Ellett (1990:5) wys voorts tereg daarop dat die *linguïstieke konteks* verseker dat die 'regte' betekenis (bedoeling) oorgedra word. Die volgende situasies lig hierdie punt verder toe:

- 'n Stelling soos "Rook *veroorsaak* longkanker" word allerweë aanvaar, selfs deur wetenskaplikes. Iemand kan egter longkanker kry sonder dat hy of sy rook, en daar is tog persone wat rook en nogtans nie longkanker opdoen nie. Daarby word die kanker ook nie regtig deur die *rook* veroorsaak nie: onder bepaalde omstandighede veroorsaak die rook sekere chemiese reaksies in selle van die longweefsel wat weer tot bepaalde fisiologiese veranderings van die weefsel lei; dié veroorsaak 'n versteuring van die immuunstelsel en die kwaadaardige groei van selle. Rook is dus nie die *direkte* oorsaak van die kanker nie; tog word die 'regte' en 'oorsaaklike boodskap' deur die genoemde stelling oorgedra, selfs in wetenskaplike terme.
- Die bekende Engelse spreekwoord sê: "Practice *makes* perfect". Vry vertaal kom dit daarop neer dat 'n bepaalde vlak van afronding deur voldoende oefening 'veroorsaak' word. So veroorsaak voldoende oefening dat 'n atleet tydens deelname sukses behaal, soos om aan 'n bepaalde standaard te

voldoen. Die oefening veroorsaak egter sodanige ontwikkeling van bepaalde motoriese en ander vaardighede en kapasiteite dat die atleet in staat is om die sukses te behaal. Tog verseker die linguïstieke konteks dat die stelling "Oefening lei tot sukses" die 'regte' boodskap oordra. 'n Soortgelyke toepassing kan gemaak word in die geval waar leerlinge leer om probleme op te los. Die wiskundeonderwyser demonstreer, begelei en skep voldoende geleentheid vir inoefening aan die hand van geskikte probleme. Die leerlinge ontwikkel bepaalde vermoëns en vaardighede, soos om bronne te bestuur, denke te reguleer, te organiseer, toe te pas, te analiseer, te sintetiseer en te evalueer. Op grond hiervan word strategieë, wat vir doeltreffende probleemoplossing nodig is, bemeester.

Die stelling "Die doel van onderrig is leer" beteken dus nie noodwendig dat onderrig direk leer veroorsaak nie. Trouens, die linguïstieke konteks verseker eerder dat die volgende betekenisfleksies nie uitgesluit word nie:

- Onderrig is nie die enigste 'oorsaak' van leer nie. 'Oorsaak' word hier nie in 'n absolute en noodwendige sin, soos in "Wrywing veroorsaak hitte", gebruik nie; daarom die aanhalingstekens.
- Onderrig mag die 'oorsaak' van verswygde faktore wees wat leer tot gevolg het.
- Onderrig lei nie noodwendig tot leer nie.
- Leer volg nie noodwendig op onderrig nie.

Op grond van Fenstermacher (1986) se werk formuleer Ericson en Ellett (1990:5) 'n baie belangrike perspektief, naamlik:

> "...in the teaching-learning context one can be held responsible *only if one has causal influence*. Yet to be legitimately held responsible requires that one has *more than causal power* - it requires that one *develops* those *capacities* for the *rational self-control* of the causal influence." (Klem deur HDN.)

Leerders is inderdaad *mede*-verantwoordelik vir hulle leer. Die mate van verantwoordelikheid mag onderling verskil soos wat die vermoë tot 'selfkontrole van oorsaaklike invloed' onderling verskil. Verder mag leerlinge *geregverdig* verskillende waardes aan bepaalde inhoud toeken. Byvoorbeeld, een wiskundeleerder mag die teorie van vierkantsvergelykings as 'n nuttige instrument tot probleemoplossing

beskou, terwyl 'n ander dit bloot as nuttelose 'intellektuele gimnastiek' mag beskou. Gevolglik is die mate van verantwoordelikheid wat ten opsigte van hulle leer van die inhoud van leerders vereis (kan) word ook van die inhoud self afhanklik (Ericson & Ellett, 1990:5).

Wat die onderrig-leersamehang en die doel van onderrig betref, kan nou tot 'n slotsom gekom word:

Onderrig en leer is komplekse *intensionele* menslike handelinge wat ontologies op 'n natuurlike wyse met mekaar in verband gebring word; in hierdie sin staan die twee handelinge in 'n *ontologiese afhanklikheidsrelasie*, eerder as 'n oorsaaklike. Uit voorgaande is dit duidelik dat onderrighandelinge beplan en geïmplementeer word met veronderstelde leerhandelinge in gedagte. In dié ruim sin *is* leer die (indirekte) doel van onderrig. Onderrig en leer kan egter nie in 'n absolute en noodwendige sin by wyse van 'n enkelvoudige lineêre oorsaaklike oorgang gekoppel word nie. Daar word eerder met Ericson en Ellett (1990:5) saamgestem dat lineêre doelkettings nie die ware aard van die onderrig-leerverband beskryf nie, aangesien dit op 'n onregverdigbare eng beskouing van oorsaaklike verbande berus. Volgens hulle moet oorsaaklikheid dus in 'n ruimer verband beskou word wanneer die onderrig-leersamehang ter sprake kom (vergelyk ook Serafini (1976) se argument ten gunste van sodanige soort oorsaaklike verband):

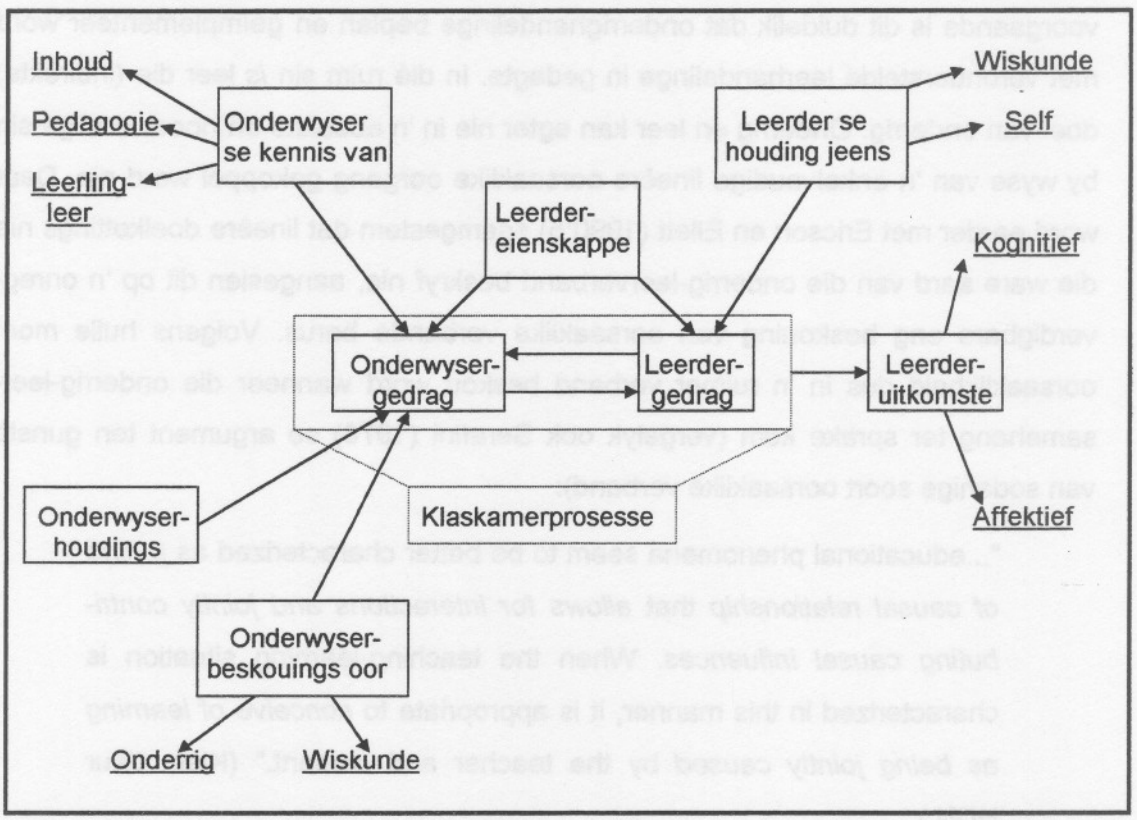
> "...educational phenomena seem to be better characterized as *a kind of causal relationship* that *allows for interactions and jointly contributing causal influences*. When the teaching-learning situation is characterized in this manner, it is appropriate to *conceive of learning as being jointly caused* by the teacher and student." (Klem deur HDN.)

Wanneer die doel van onderrig ondersoek word, kom 'n *proses-proses*verband tussen twee komplekse handelinge ter sprake. Voorgaande argumentasie toon dat 'n eendimensionele of lineêre oorgang (doelketting) nie geskik is om dié multidimensionele verband of samehang te beskryf of te verklaar nie. Nie-lineêre modelle, soos dié in Figuur 2.4, behoort dus ontwikkel te word (kyk ook Figuur 2.1).

Hiervolgens is die doel van onderrig die aktualisering (inisiëring) van relevante leerhandelinge in die spesifieke omstandighede by die individuele leerders. Dit behels , enersyds, die '*ontsluiting*' van die leerders en, andersyds, van die onderriginhoud vir die leerders sodat relevante leertake uitgevoer *kan* word en die leerders *kan* leer,

leer om te leer én leer *hoe* om te leer. Ontsluiting van die individuele leerder dui *nie* op 'n 'van-buite-na-binne'-handeling van die onderriggewer nie, maar daarop dat omstandighede en geleenthede geskep of bemiddel word wat die leerder *self* tot 'n 'van-binne-na-buite'-handeling in staat moet stel. Ontsluiting van die inhoud dui nie daarop dat die inhoud 'gegee' word nie, maar daarop dat dit sodanig 'beskikbaar gestel' word dat die individuele leerder dit *self* kan toe-eien om aan die hand daarvan bepaalde leerdoelwitte te bereik.

Figuur 2.4 : 'n Nie-lineêre model van die onderrig-leersamehang (Koehler & Grouws, 1992:118)



2.4.3 Wanneer is onderrig doeltreffend?

2.4.3.1 Inleiding

Onderrig is natuurlik doeltreffend in die mate wat die onderrigdoel of -intensie verwesenlik word. Die onderrigbeskouing, in die besonder die doelbeskouing, wat gehuldig word, speel 'n normatief-funksionele rol in die bepaling van kriteria waaraan doeltreffendheid van onderrig gemeet sal word.

Anderson (1989:18) is dit met Medley (1982:1894) eens dat doeltreffendheid van onderrig "...can only be assessed in terms of *behaviors of pupils*, not behaviors of

teachers". Die kardinale dimensies van doeltreffende onderrig is volgens Cooper (1986:3) die *onderwyser* se *intensie* en die *leerder* se *prestasie met betrekking tot die verwesenliking van dié intensie*. In die lig van die voorgaande beredenering beteken dit dat onderrig doeltreffend is na die mate waarin die leerder presteer met betrekking tot die verwesenliking van die onderwyser se gestelde intensie, naamlik die aktualisering en uitvoering van relevante leerhandelinge.

Navorsing vanuit die proses-produk-, leerlingkognisie- en onderwyserkognisie-tradisies bied waardevolle inligting met betrekking tot die bepaling van handelinge van onderriggewers wat hulle onderrigintensie in terme van leerderprestasie verwesenlik kry. Die konstruktivistiese en klaskamerekologiese tradisies lewer weer waardevolle inligting met betrekking tot die bepaling van handelinge van die leerder en kontekstuele faktore (omgewings-) wat in hierdie verband essensieel is (kyk 2.2.3.3). Uit 'n oorsig van sulke navorsing bevind Rosenshine en Stevens (1986: 377) byvoorbeeld dat onderwysers wat doeltreffende onderrig gee in 'goedgestruktureerde' vakke, soos wiskunde, die volgende verloopstruktuur gehoorsaam (kyk ook Tabel 2.2):

AANBIEDING → BEGELEIDING → SELFSTANDIGE WERK

Eksponente van die ontologies-kontekstuele beskouing gaan van die wesenstrekke van onderrig uit om doeltreffendheid daarvan te kwalifiseer. 'n Onderrigsituasie is doeltreffend wanneer die wesenstrekke aan bepaalde kriteria voldoen: dit moet sodanig *gelyktydig* en *in samehang* teenwoordig wees dat die leerder in staat gestel word om die relevante leertake uit te voer (Fenstermacher, 1986:38; Steyn, 1988b: 160).

Samevattend kan gestel word dat onderrig doeltreffend is na die mate waarin die samehangende teenwoordigheid van die wesenstrekke van die onderrig die individuele leerder in die omstandighede binne die onderrigomgewing (-konteks) ontsluit en toerus om 'n relevante leerhandeling te aktualiseer en uit te voer. Die mate van sukses wat leerders met betrekking tot die uitvoering van relevante leertake behaal, bepaal die doeltreffendheid van die onderrig.

Ten einde tot 'n operasionele teorie vir die praktyk van doeltreffende onderrig te kom, moet kriteria bepaal waaraan die wesenstrekke van onderrig in spesifieke situasies moet voldoen om doeltreffende onderrigverloop moontlik te maak (Meyer, 1988:32). In aansluiting by Meyer (*ibid.*) en Steyn (1988a&b), en op grond van die beredenering tot dusver, word enkele riglyne vervolgens in hierdie verband gestel.

2.4.3.2 *Die onderrigintensie*

Vanuit 'n totaliteitsperspektief op die onderrig-leergebeure, enersyds, en 'n individualiteitsperspektief op die leerder, andersyds, moet gestel word dat die onderrigintensie ooreenkomstig oorkoepelende opvoedende onderwysdoelstellings in aansluiting by die individuele leerder se beginsituasie (Steyn, 1982:19-20) geoperasionaliseer behoort te word. Dit behoort duidelik en ondubbelsinnig in terme van relevante aktiewe, konstruktiewe en kumulatiewe leerhandelinge geformuleer te word (kyk 2.2.3.3). As sodanig behoort die intensie dan ook toekomsgerig te wees - dit wil sê op toerusting tot taakvervulling gerig. Daarby moet die onderrigintensie kongruent aan leerverwagtinge van die leerders wees, en terselfdertyd aanleiding gee tot sodanige verwagtinge van die leerders dat die leerhandeling doeltreffend in werking gestel en gehou kan word (Shuell, 1988:286-287).

2.4.3.3 *Die leerinhoud*

Die leerinhoud moet ten eerste doelbepaald, doelmatig en doelgeöriënteerd in aansluiting by die individuele leerder se bestaande kennis-, begrips-, ontwikkelings- en ervaringsvlak geselekteer en georden word (Shuell, 1988:281; kyk ook 2.2.3.2).

Verder behoort die leerinhoud relevante en betekenisvolle inligting, wat tot nuttige kennis verwerk kan word, te behels. Die strukturering van 'n verskeidenheid relevante leerervarings en -handelinge, wat tot tipiese (vak-) onderrig-leergeleenthede en die ontwikkeling en aanwending van leerstrategieë lei, moet daardeur moontlik gemaak word (Shuell, 1988:283). Inhoud het slegs bestaansreg in die onderrigsituasie na die mate wat dit die beste instrument tot doelbereiking is (kyk 2.2.3.2).

In die lig van die oorvloedige beskikbaarheid van inligting, wat steeds sneller as kennis beskikbaar gestel word, behoort die leerinhoud verteenwoordigend van die kennisbesit op die bepaalde vakgebied te wees (Meyer, 1988:32).

2.4.3.4 *Die onderriggewer*

Die rol van die onderriggewer is eerder dié van leier, begeleier, fasiliteerder en rolmodel as van instrukteur (kyk 2.2.3). Daarby moet hierdie rol met entoesiasme, ywer en deskundigheid vervul word.

Voorts moet die onderriggewer die leerinhoud en die leerervarings met didaktiese en vakkundigheid só struktureer dat kognitiewe herstrukturering en begripmatige herorganisasie van bestaande en nuutverworwe kennisstrukture optimaal by elke leerder kan plaasvind. Verbande tussen begrippe, vaktipiese vaardighede en

lewensverskynsels behoort onder andere aan die hand van relevante en betekenisvolle werklike probleemsituasies ontsluit te word (Meyer, 1988:32; Steyn, 1988b: 161; Carpenter, 1989:190-191).

Hiertoe is die harmoniëring van die onderrigintensie, die leerinhoud, die leerervarings en -handelinge, die onderrig-leeromgewing en -konteks, en die leerbehoeftes en -intensie in die onderrigsituasie 'n voorvereiste. Die onderriggewer is die 'hoofagent' om hierdie harmonie te bewerkstellig. Dít kan net vermag word indien deeglik met die beginsituasie van die individuele leerders rekening gehou word.

Die onderriggewer behoort ook die onderrigverloop ooreenkomstig gestelde onderrig-leerdoelstellings en -doelwitte in te rig. Na gelang van die doelstellings en doelwitte sal hy of sy byvoorbeeld 'n direkte of aktiewe onderrigbenadering, 'n probleemgesentreerde, 'n koöperatiewe leer- of 'n ander prosesgerigte benadering implementeer (Gunter *et al.*, 1995:73-78). Die gebruik van 'n groot verskeidenheid vrae op verskillende denkvlakke, die deurlopende kontrolering vir aktiewe, kumulatiewe en konstruktiewe leerderbetrokkenheid, begrip en vordering na doelbereiking en die gee van konstruktiewe regstellende terugvoer, vervul hierin 'n essensiële funksie (Newby *et al.*, 1996:50; Rosenshine & Stevens, 1986; Shuell, 1988).

2.4.3.5 Die leerder

Die leerder moet gereed wees om sy of haar kognitiewe, meta-kognitiewe, affektiewe, psigo-motoriese en konatiewe vermoëns te mobiliseer. Daar is dinamiese komponente betrokke by die leerder se intelligensie, kognisie en leerhandeling (Cobb, 1994b; Shuell, 1988; Wang *et al.*, 1993). Die leerder moet gereed wees om hierdie komponente aktief, konstruktief en kumulatief binne die besondere onderrigomgewing en -konteks met betrekking tot die betrokke leerinhoud, in werking te stel om die gestelde doel te verwesenlik (Monteith, 1989:4; Shuell, 1988:277-278). Die leerder moet dit in individuele, sowel as koöperatiewe verband kan doen. Meyer (1988:32) dui aan dat dit 'n sekere ontwikkelingsgereedheid, 'n waaghouding, motivering om aandag te gee en taaktoewyding van die leerder verg (Shuell, 1988:285-292). Die leerder behoort ook te weet *wat* van hom of haar in die onderrig-leersituasie verwag word (Rosenshine & Stevens, 1986:381; Shuell, 1988: 285-286), sonder dat hy of sy 'versmoor' word deur voorskrifte ten opsigte van *hoe* dit bereik moet word (kyk 2.2.3.2 en 2.2.3.3).

2.4.3.6 *Aktiewe begeleide interaksie in die onderrigsituasie*

Interaksie in die onderrigsituasie is ingestel op die verwesenliking van die onderrig- en leerintensies en behoort as sodanig nié die leerder se volgehoue aktiewe, konstruktiewe en kreatiewe betrokkenheid te beperk nie (kyk 2.2.3.2 en 2.2.3.3). Dít verg onder andere duidelike en doelgerigte interpersoonlike kommunikasie tussen die betrokke persone, asook die vermoë tot en geleentheid vir die formulering, verbalisering of in-eie-woorde-stel van eie leer- en verwante handelinge (De Wet, 1991:1; Shuell, 1988:285-292).

2.4.3.7 *Die werkplek en onderrigkonteks*

Die werkplek is die plek waar die leerinhoud ervaar (beleef) en tot betekenisvolle leefinhoud verwerk moet word. Daarom moet dit só ingerig word dat dit die leerder stimuleer en uitnooi of uitdaag tot handeling, kreatiwiteit en betrokkenheid (Garner, 1990:522-526; Gunter *et al.*, 1995:351-356). Dit behoort nie alleen geleentheid vir die oplos van werklike en betekenisvolle probleemsituasies te bied nie, maar ook ondersteuning om vorderend daarmee voort te gaan (Shuell, 1990).

Die vlak en mate van begeleiding, die geskiktheid en struktuur van die onderriggewing, die doeltreffendheid van die beplanning en die betekenisvolheid van die organisering van die klaskamer en -gebeure dra, afsonderlik en in samehang, by tot 'n noodsaaklike 'lewegewende' konteks waarbinne die onderrig behoort te verloop (Duffy, 1981:12-14; Shulman, 1986:18,20-21).

2.4.4 Hoe verloop doeltreffende onderrig?

Onderrig vind intensioneel plaas: met elke onderrigsituasie word een of ander doel nagestreef. Die gebeure in 'n onderrigsituasie verloop dan ook volgens 'n bepaalde 'plan van aksie' wat op die verwesenliking van die spesifieke doel gerig is (kyk 2.4.3). Die vraag is nou of daar algemene 'aksiestappe' bestaan wat tot doeltreffende onderrig aanleiding sal gee. Hunter (1984:175-176) identifiseer sewe sulke 'stappe':

1. *Antisipering* (of gereedmaking): leerders word op dit wat geleer moet word, 'gefokus' of 'ingestel'.
2. *Doelstelling*: verwagte leeruitkomste word duidelik gemaak.
3. *Inset* (intree): nuwe leerinhoud (kennis, vaardighede of prosesse) word 'aangebied'.

4. *Modellering*: nuwe leerinhoud word gedemonstreer.

5. *Kontroleer begrip*: daar word bepaal of leerders die nuwe leerinhoud begryp.

6. *Begeleide inoefening*: nuwe leerinhoud word onder toesig van die onderriggewer ingeoefen.

7. *Selfstandige inoefening*: leerders word aangemoedig om nuwe leerinhoud selfstandig in te oefen en in nuwe situasies toe te pas en te gebruik.

Verskeie ondersoeke is al onderneem om 'n 'algemene model vir doeltreffende onderrig' te formuleer. Good en Grouws (1979) se 'aktiewe onderrig'-model (kyk Tabel 3.1) is 'n sprekende voorbeeld hiervan. In navolging van Rosenshine en Stevens (1986) stel Gunter *et al.* (1995:79-89) dat breë algemene 'onderrigfunksies' tog aangedui kan word, wat die kern van 'n verskeidenheid onderrig-leeraksieplanne vorm, naamlik:

- *Oorsig van relevante werk wat vroeër geleer is.* Daar moet seker gemaak word dat leerders die leerinhoud wat vroeër onderrig is, en wat nodig is dat die nuwe leer kan plaasvind, bemeester het en verstaan, en ook dat hulle die verband met die nuwe werk (sal) kan verstaan.

- *Stel van duidelike doelwitte in terme van verwagte leeruitkomste.* Leerders moet van meet af presies weet wat van hulle verwag word en dit moet in terme wat hulle kan begryp, aan hulle gestel word.

- *Aanbieding van die nuwe leerinhoud.* Nuwe werk moet goed beplan en georganiseer word, en interessant aangebied word. Daar moet gereeld gekontroleer word of die leerders die nuwe werk verstaan. 'n Stapsgewyse benadering van 'aanbied-inoefen-terugvoer-kontroleer-regstel' kan vir die verwerking van nuwe inligting tot kennis bevorderlik wees.

- *Begeleide werk/inoefening met regstellende terugvoer.* Leerders moet aktief inoefen om te kan leer. Dit is noodsaaklik dat die onderriggewer hulle aanvanklik hierin begelei en ondersteun om te voorkom dat hulle moedeloos of ontmoedig word, en dat wanbegrippe vasgelê word. Daar moet ook konstruktiewe en, waar nodig, regstellende terugvoer aan leerders oor hulle leerhandelinge gegee word.

- *Selfstandige werk/inoefening met regstellende terugvoer.* Uiteindelik moet leerders leertake selfstandig kan uitvoer. Daar moet dus geleenthheid wees dat elke leerder selfstandig en onafhanklik kan werk om take uit te voer en

probleme op te los. Die onderriggewer tree op die agtergrond sonder om heeltemal te onttrek, en hou slegs toesig en bly beskikbaar vir hulpverlening, waar aangevra. Terugvoer bly steeds 'n belangrike instrument tot begeleiding tot doelbereiking. Tuiswerk is funksioneel in die mate wat leerders 'gereed' en bereid is om sonder hulp van die onderriggewer of medeleerders take aan te pak en uit te voer.

- *Periodieke oorsig en hersiening met regstellende terugvoer waar nodig.* Tuiswerk behoort nagegaan te word, en die herronderrig wat nodig blyk te wees, behoort plaas te vind, voordat met nuwe onderrig- en leerwerk voortgegaan word. Oor die langtermyn behoort periodiek gekontroleer te word dat retensie, assimilasie en akkommodasie van nuwe leerinhoud wel by elke leerder plaasvind. Leerders moet deurlopend geleentheid kry om nuwe werk met reeds geleerde werk in verband te bring en om gaandeweg gekonsolideerde en geïntegreerde kennis- en denkstrukture op te bou en te herbou.

In aansluiting hierby wys Cangelosi (1996:72-78) en Brumbaugh *et al.* (1997:7) daarop dat (wiskunde-) onderriggewers spesifieke aandag aan die volgende moet gee in hulle beplanning, ten einde doeltreffende onderrig te gee:

- Duidelike formulering van die doelstelling(s) van die onderrig in terme van die bedoeling ("purpose") en die begrippe of kennis wat geleer moet word.
- Duidelike formulering van konseptuele en vaardigheids- of houdingsdoelwitte en aktiwiteite wat gebruik kan word om leerders te help om die doelstelling(s) te bereik.
- Die koördinering ("sequencing") van doelwitte en die onderrigplan.
- Noukeurige seleksie van geskikte onderrig- en leermedia en materiale.
- Duidelike uiteensetting van sekere prosedurele aspekte van die onderrig wat beoog word, naamlik:
  - die inleiding ("introduction") van die onderrig-leersessie;
  - 'n raamwerk ("outline") vir die onderrig wat gaan plaasvind;
  - geskikte voorbeelde en nie-voorbeelde van begrippe;
  - toepaslike hoërorde vrae wat gebruik kan word;
  - oorsig en afsluiting van die onderrig-leersessie, asook 'n brug na die volgende een;

* formatiewe terugvoer op leerders se response en vordering;
* geskikte en toepaslike evaluerings- en takseringsprosedures.

Dit spreek vanself dat alle doeltreffende onderrig *nie* soos pas aangedui, sal of kan verloop nie; slaafse navolging van hierdie algemene verloopstruktuur verseker ook *nie* doeltreffendheid van die onderrig nie. Dit moet egter opgemerk word dat daar sekere onderrighandelinge aangedui kan word wat tot doeltreffende onderrigverloop aanleiding *kan* gee. Die besondere *doel* wat met die onderrig bereik wil word, bepaal watter en hoe handelinge 'gebruik' moet word. Die doel vorm as't ware die lens of filter waardeur die handelinge gefokus word om 'n duidelike beeld van die gebeure te gee.

Die onderrigmodel wat gevolg word, moet met verantwoordelikheid en kundigheid binne die omstandighede in diens van die doel gestel word. Die sentrale mikpunt moet wees om dit vir alle leerders moontlik te maak om die relevante leertake uit te voer, sodat hulle *kan* leer wat hulle veronderstel is om te leer. As hulle feitelike kennis moet aanleer, moet 'n model wat vir hierdie doel geskik is, gekies en geïmplementeer word; netso as begripvorming en -ontwikkeling, of die leer van kreatiewe probleemoplossing, of sosiale vaardighede die doel is.

Soos reeds gestel, is onderrig doeltreffend in die mate waarin dit leer bemoontlik, dit wil sê die uitvoering van relevante leertake moontlik maak. Op grond van voorgaande bespreking kan nou gestel word dat onderrig doeltreffend is in die mate waarin onderrighandelinge en leerfunksies in die onderrig-leergebeure in harmonie en in kongruensie geïnisieer word. Hiertoe moet die onderriggewer relevante leerfunksies en ooreenstemmende bemiddelende onderrigfunksies identifiseer, implementeer en moniteer (Shuell, 1988:285-286; vergelyk ook Brumbaugh *et al.*, 1997; Cangelosi, 1996). In hoofstuk 4 word spesifieke aandag hieraan gegee binne die konteks van doeltreffende wiskundeonderrig.

2.5 SAMEVATTING

In hierdie hoofstuk is 'n aantal kontemporêre onderrigbeskouings krities-evaluerend ondersoek om tot 'n begronde beskouing van doeltreffende onderrig te kom. Die noue samehang van onderrig en leer moes uiteraard ondersoek word en is vanuit 'n didaktiese of onderrigperspektief onderneem. In die lig van die hooffokus van die ondersoek in geheel is illustrasies en toepassing, waar nodig of toepaslik, met betrekking tot wiskundeonderrig gemaak.

Wat onderrig betref, is tot die slotsom gekom dat onderrig 'n komplekse menslike en opvoedingshandeling is waarvolgens een persoon intensioneel en begeleidend binne 'n sekere opset (konteks) met 'n ander persoon, wat nie oor sekere kennis, vaardighede, houdings of 'n ander vorm van inhoud beskik nie, in interaksie tree sodat dié in staat gestel word om 'n vooropgestelde doelstelling(s) aan die hand van die inhoud te kan verwesenlik.

Ten opsigte van die onderrig-leersamehang is bevind dat onderrig en leer komplekse intensionele menslike handelinge is wat ontologies en op 'n natuurlike wyse met mekaar in verband gebring word. Die onderrighandeling word beplan en geïmplementeer met 'n bepaalde leerhandeling in gedagte. In dié ruim sin is leer die (indirekte) doel van onderrig. Onderrig en leer kan egter nie in 'n absolute en noodwendige sin by wyse van 'n enkelvoudige lineêre oorsaaklike oorgang gekoppel word nie. Onderrig en leer is dus konsepte wat in sekere sin ontologies afhanklik van mekaar beskou moet word. Daar is bevind dat onderrig en leer in 'n soort oorsaaklike verband beskou moet word, naamlik in 'n sin dat voorsiening gemaak word vir interaksies tussen verskillende faktore, wat gesamentlik 'bydra' tot leer. Die onderriggewer en die leerder is byvoorbeeld mede-verantwoordelik vir die leerder se leer.

Die doel van onderrig is die aktualisering of inisiëring van die leerhandeling by die individuele leerder. Dit behels die *ontsluiting* van die leerder, enersyds, en die leerinhoud vir die leerder, andersyds, sodat relevante leertake uitgevoer *kan* word en die leerder *kan* leer, leer om te leer én leer *hoe* om te leer. Ontsluiting van die individuele leerder dui nie op 'n 'van-buite-na-binne' handeling van die onderriggewer nie, maar daarop dat omstandighede en geleenthede geskep word wat die leerder *self* tot 'n 'van-binne-na-buite' handeling in staat stel. Ontsluiting van die inhoud dui nie daarop dat die inhoud 'gegee' word nie, maar daarop dat dit sodanig 'beskikbaar gestel' word dat die individuele leerder dit *self* kan toe-eien om aan die hand daarvan bepaalde doelwitte te bereik.

In die volgende hoofstukke word nou oorgegaan tot die operasionalisering van doeltreffende wiskundeonderrig op skool in terme van kriteria waaraan die wesenstrekke van die onderrig, afsonderlik én in samehang, moet voldoen. Die spesifieke aard van die betrokke onderrigsituasies moet egter verreken word. Hiertoe moet prominente benaderings tot wiskunde en -onderrig op skool eers in die lig van die teoretiese raamwerk wat in hierdie hoofstuk ontwikkel is, in die volgende hoofstuk in oënskou geneem word.

HOOFSTUK 3
'N ANALISE VAN BESKOUINGS OOR WISKUNDE EN VAN BENADERINGS TOT WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL

3.1 INLEIDING

Uit paragraaf 2.4 van die voorgaande hoofstuk volg dat die doeltreffendheid van onderrig in klaskamers, van die mate waarin onderrighandelinge met die relevante leerhandelinge van individuele leerders 'versoen' word, afhanklik is (vergelyk ook Wang *et al.*, 1993:280). Dit blyk ook dat 'n doeltreffende onderrig-leerpraktyk nie in klaskamers tot stand kan kom nie, of in stand gehou kan word nie, as dit nie deur begronde onderrig- en leerteorieë ondersteun word nie.

In hierdie verband toon Romberg en Carpenter (1986:855-858) aan dat wiskunde-onderrigprogramme nie met die vordering op die terrein van leer, in die algemeen, en die leer van wiskunde, in die besonder, tred gehou het nie. Soos Sternberg (1986:378) is hulle oortuig dat die gebrek aan 'n goed ontwikkelde *onderrigteorie* een van die grondliggende oorsake hiervan is (Romberg & Carpenter, 1986:860).

'n Begronde teoretiese raamwerk ten opsigte van *doeltreffende onderrig* is in die voorgaande hoofstuk vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief ontwikkel. Kragtens die doelstellings van hierdie ondersoek word doeltreffende wiskundeonderrig op skool vanuit dieselfde perspektief beredeneer. Hiertoe is dit noodsaaklik dat enkele heersende benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde eers in die lig van die geformuleerde raamwerk ontleed word. Dít word in hierdie hoofstuk aangepak, terwyl die beredenering van doeltreffende wiskundeonderrig op skool in die volgende hoofstuk aan die orde kom.

Daar bestaan 'n noue band tussen beskouings oor dit *wat* geleer en onderrig word en beskouings oor *hoe* dit gedoen word. Dít geld in die besonder van die beskouings wat oor *wiskunde* gehuldig word en van benaderings tot die *onderrig* en *leer* van wiskunde (Frank, 1990:10; Lerman, 1990:53). Hierdie band word eers ontleed alvorens benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde op skool ontleed word.

3.2 BESKOUINGS OOR WISKUNDE

3.2.1 Oriëntering

Die onderrigbenadering wat met betrekking tot wiskunde gevolg word, is in die onderwyser se besondere beskouing oor onderrig en leer gewortel. Dié beskouing is weer ten diepste van die fundamentele beskouings wat oor wiskunde as sodanig gehuldig word, afhanklik (Thom, 1973:204; Thompson, 1992:130-131). Daar word met Hersh (1979:34) saamgestem dat:

> "The issue, then, is not, What is the best way to teach? but, What is mathematics really all about? ... Controversies about ... teaching cannot be resolved without confronting problems about the nature of mathematics."

Hiermee wil *nie* gesuggereer word dat wiskundeonderwysers se benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde slegs deur hulle beskouings en oortuigings bepaal word nie. Trouens, in 2.2.3.3 is aangetoon dat onderwysers se *kennis*, *houdings* en *verwagtings* met betrekking tot 'n verskeidenheid sake ook in hierdie verband van kardinale belang is. In hierdie gedeelte van die bespreking word egter net op die invloed van onderwysers se beskouings op hulle benaderings tot wiskundeonderrig gefokus; die invloed van onderwysers se kennis en houdings daarop kry later aandag (kyk 4.2.4.2).

Frank (1990:10) kom, soos Thompson (1984:125), tot die slotsom dat die waargenome ooreenkoms tussen onderwysers se beskouings oor wiskunde en die tipiese wyses waarop hulle wiskundeinhoude onderrig, toon dat onderwysers se beskouings, oortuigings en voorkeure in verband met wiskunde hulle onderrigpraktyk bepalend beïnvloed. Davis (1984:8) stel die direkte implikasie hiervan en ontbloot sodoende 'n moontlike rede vir voortgesette ondoeltreffende wiskundeonderrig; hy stel naamlik:

> "Because mathematics has often been badly taught, many people misunderstand the true nature of the subject; and, in an unhappy circularity, because so many people misunderstand what mathematics is all about, the subject almost inevitably continues to be badly taught."

Verskeie ondersoeke na die invloed van wiskundeonderwysers se beskouings oor wiskunde op hulle onderrigpraktyk, waaronder dié van Battista (1994), Garofalo

(1989) en Lerman (1986), bevestig voormelde standpunt van Frank en Thompson. Verdere ontleding van Lerman se bevindinge toon egter dat hoewel wiskunde-onderwysers uiteenlopende beskouings oor wiskunde as akademiese dissipline huldig, hulle benaderings tot wiskundeonderrig op skool wesenlik ooreenkom. Op grond hiervan argumenteer Hoyles (1988:155) tereg dat wiskundeonderwysers se beskouings oor *wiskunde as dissipline*, van hul beskouings oor *wiskunde as skoolvak*, onderskei moet word wanneer die invloed van sodanige beskouings op benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde op skool ondersoek word.

Ernest (1991a:252-253) se ontleding van hierdie problematiek ondersteun Hoyles se standpunt. Hy bevind naamlik dat die *sosiale konteks* van wiskundeonderrig op skool en wiskundeonderwysers se bewuswording van hulle oortuigings en beskouings oor wiskunde, en die onderrig en leer daarvan binne hierdie konteks, 'n kragtige uitwerking op hulle beskouings oor wiskunde *as skoolvak* het. Dit is hierdie beskouings oor 'skoolwiskunde' wat 'n bepalende invloed op onderwysers se benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde op skool het. Gevolglik verwys 'beskouings oor wiskunde' in hierdie ondersoek eerder na 'beskouings oor *skool*-wiskunde' as na beskouings oor *wiskunde as dissipline* in die algemeen.

In navolging van Ernest (1991b) onderskei Thompson (1992:132) drie fundamenteel uiteenlopende beskouings oor wiskunde, wat aan die wortel van beskouings oor wiskundeonderrig lê, te wete 'n *formalisties-statiese*, 'n *relativisties-dinamiese* en 'n *instrumentalistiese* beskouing. Eersgenoemde twee beskouings is uiterstes van 'n spektrum van beskouings oor wiskunde en wiskundeonderrig, terwyl die derde wesenlik die oorbeklemtoning van een dimensie van wiskunde is. Hierdie drie beskouings word vervolgens ontleed.

3.2.2 Beskouings oor wiskunde

3.2.2.1 Die formalisties-statiese beskouing

Wiskunde kan vanuit 'n absolutistiese *formalisties-statiese* perspektief beskou word (Thompson, 1992:132). Hiervolgens word wiskunde as 'n onveranderlike en statiese geheel van kennis, wat uit 'n logiese en betekenisvolle netwerk van aaneengeskakelde waarhede bestaan, beskou (Ernest, 1991b:7-8; Nickson, 1992:103). Die veronderstelling is dan dat die mens hierdie geheel van kennis gaandeweg stuksgewys blootlê en sodoende ontdek, en dat die wiskundeonderwyser hierdie kennis stuksgewys aan die leerder (kan) oordra. Dossey (1992:40) toon aan dat hierdie

beskouing teruggevoer kan word na Plato se leer, waarvolgens die oorsprong van wiskunde buite die individu in die 'eksterne wêreld' lê, en as sodanig ontdek moet word en nie gemaak (kan) word nie.

Die volgende uitsprake toon duidelike trekke van hierdie perspektief op wiskunde (kyk ook die kritiese bespreking van die tradisionele beskouing oor en benadering tot wiskundeonderrig in 2.3.1 en 3.4.2.2; klem deur HDN):

> "The objective of mathematicians is *to discover and to communicate certain truths*. Mathematics is the language of mathematicians, and a proof is a method of communicating a mathematical truth to another person who also 'speaks' the language. A remarkable property of the language of mathematics is its *precision*." (Solow, 1982:1)

en:

> "Mathematics is concerned with numbers and space. The section on numbers is algebra; the section on space is geometry. The mathematician studies all matters with reference to number and/or space." (Kroeze, 1989:4)

Die volgende uitsprake deur begaafde wiskundeleerders oor die aard van wiskunde sluit hierby aan (Suppes & Ager, 1995:357; klem deur HDN):

> "The thing I liked most about math was that there is *no ambiguity* about it. It's *just numbers* and *a formula* and there's *always a right answer and a wrong answer with no gray area in between*."
>
> "It is *so logical* ..."
>
> "It is a challenging subject, to some extent, but I enjoyed it because it was *precise* with *no exceptions to any rules*, like grammar or spelling, etc."

Frank (1990:10) stel op grond van gedane navorsing dat die formalisties-statiese beskouing oor wiskunde "is (potentially) harmful to persons holding that belief because [it] can result in false impressions about how mathematics is done". Die gevaar waarop Frank hier wys, blyk verder uit die bevinding dat wiskunde geleer word deur wiskunde te *doen* (kyk 2.2.3.3).

Daarby bevind Nickson (1992:103) dat onderwysers wiskunde tradisioneel vanuit hierdie perspektief beskou (vergelyk ook Battista, 1994:463-467; Garofalo, 1989:

502-504). Daar word dus met Frank (1990:12) saamgestem dat grondige navorsing onderneem behoort te word ten einde doeltreffende strategieë te ontwikkel om hierdie potensieel skadelike beskouing oor skoolwiskunde te bekamp.

3.2.2.2 Die relativisties-dinamiese beskouing

In teenstelling met voormelde rigiede beskouing kan wiskunde vanuit 'n *relativisties-dinamiese* perspektief beskou word (Thompson, 1992:132). Hierdie beskouing is 'probleem-gedrewe' en wiskunde word hiervolgens vanuit 'n 'groei-en-verander'-perspektief as 'n steeds uitbreidende terrein van menslike arbeid, kreatiwiteit en ontdekking beskou, wat daarop gemik is om deur probleemoplossing patrone voort te bring en dié tot wiskundige kennis te verwerk (Nickson, 1992:103). Hierin toon hierdie beskouing van wiskunde sterk ooreenkomste met Aristoteles se eksperimentalistiese denkwyses oor wiskunde (Dossey, 1992:40).

Wiskunde word dus as 'n interne handeling van ondersoek, van soek na 'weet wat om te doen en hoekom' ("relational understanding") en van betekenisvolle kennisuitbreiding beskou. Dit is nie 'n 'klaar'-produk wat sy oorsprong buite die individu het nie, maar is steeds "in the making" in die individuele verstand. Die implikasie hiervan vir die onderrig en leer van wiskunde op skool is duidelik: skoolwiskunde word aan die hand van sodanige interne handeling na aanleiding van die oplos van probleme geleer en die onderrig daarvan behoort op die bemoontliking van hierdie interne handeling ingestel te wees.

Die volgende geval, wat deur hierdie navorser tydens 'n mikro-onderwyssessie (17 Februarie 1995) waargeneem is, illustreer die kragtige uitwerking van voormelde twee beskouings oor wiskunde op die onderrig daarvan in praktiese terme:

> Nege nagraadse HOD-studente, wat almal wiskunde op derdejaar-graadvlak geslaag het, het mikrolesse in wiskunde vir mekaar aangebied: hulle het as 'onderwysers' en 'leerders' vir mekaar opgetree. Elke les is na afloop daarvan krities deur die hele groep bespreek.
>
> Student T het ten aanvang 'n standerd 7-les oor die stelling van Pythagoras volgens 'n heuristiese strategie aangebied. Sy het die klas in twee groepe van vier ingedeel en aan elke groep 'n vel sentimeter-grafiekpapier, asook rooi vierkantige en groen driehoekige legkaartstukke gegee. Elke groep moes hul legkaart op die grafiekpapier voltooi, waarna hulle die twee voltooide legkaarte vergelyk het.

Al die 'leerders' het die Pythagoras-eienskap van reghoekige driehoeke dadelik in terme van *die oppervlaktes van vierkante op die sye* 'gesien'. Hulle is toe gevra om dié eienskap in hulle eie woorde neer te skryf, waarna die klas die eienskap in terme van *die kwadrate van die sylengtes* moes neerskryf. Daarna moes die 'leerders' probleme met behulp van die eienskap oplos. Die 'onderwyser' was deurentyd beskikbaar en bereid om hulp op versoek te lewer.

Drie van die 'leerders' was uitgesproke beïndruk deur die nie-direkte heuristiese aanbieding, terwyl twee gedink het dat die 'onderwyseres' die reël netsowel eers direk kon verduidelik, enkele toepassings dan gedemonstreer en saam met die 'leerders' deurgewerk het, waarna die 'leerders' selfstandig probleme kon oplos.

Student K, een van die twee wat ten gunste van 'n direkte aanbieding was, het daarna 'n standerd 6-les oor die 'reël':

$$(a + b)(x + y) = ax + ay + bx + by \qquad (\bullet)$$

aangebied. Ter wille van die konteks is veronderstel dat die les op 'n les oor die eenvoudiger reël:

$$k(x + y) = kx + ky$$

gevolg het. Die 'onderwyser' het die 'reël' (•) ten aanvang op die bord neergeskryf, met 'n gepaardgaande verklaring dat dít is hoe die reël 'werk' en dat hulle dit "so goed moet ken dat hulle dit 'in die middel van die nag sal kan opsê". Hierna het hy die 'korrektheid' van die reël soos volg op die bord aan die klas 'bewys':

Stel $k = (a + b)$, dan geld:

$$(a + b)(x + y) = k(x + y)$$

["Onthou julle nog wat ek gister vir julle gesê het wat $k(x + y)$ is?" ('Leerders' gee korrekte antwoord in 'n koor.) "Reg!, ons kan nou aangaan."]

$$\begin{aligned} \ldots &= k(x + y) \\ &= kx + ky \\ &= (a + b)x + (a + b)y \\ &= ax + bx + ay + by \end{aligned}$$

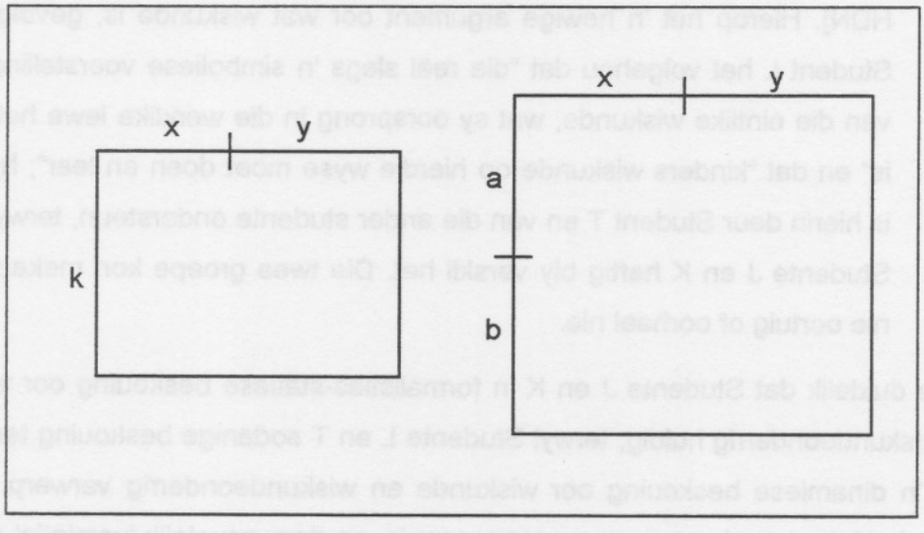
["Ons gebruik weer gister se reël, reg? Nou het ons wat ons wil hê, naamlik:"]

$$... = ax + ay + bx + by$$

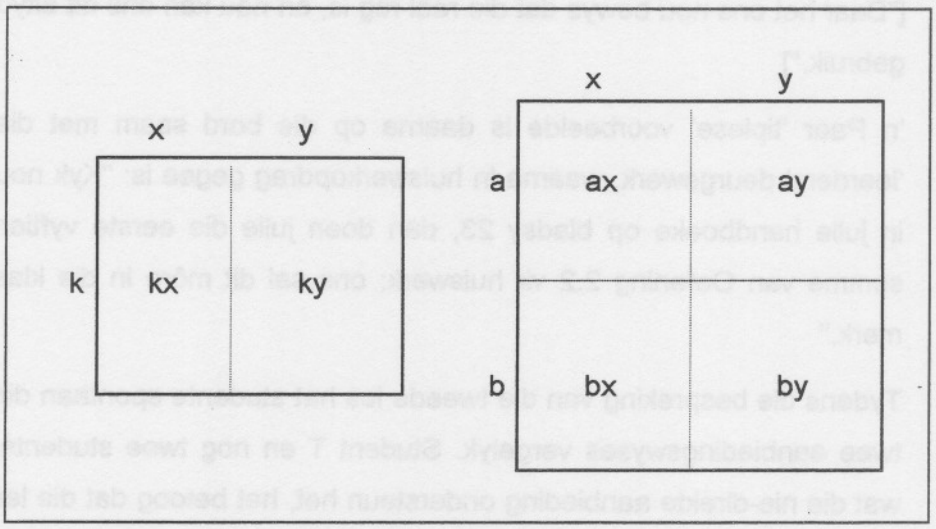
["Daar het ons nou bewys dat die reël reg is, en nou kan ons dit altyd gebruik."]

'n Paar 'tipiese' voorbeelde is daarna op die bord saam met die 'leerders' deurgewerk, waarna 'n huiswerkopdrag gegee is: "Kyk nou in julle handboeke op bladsy 23, dan doen julle die eerste vyftien somme van Oefening 2.2 vir huiswerk; ons sal dit môre in die klas merk."

Tydens die bespreking van die tweede les het studente spontaan die twee aanbiedingswyses vergelyk. Student T en nog twee studente, wat die nie-direkte aanbieding ondersteun het, het betoog dat die les meer doeltreffend sou wees as dit ook op 'n nie-direkte heuristiese wyse aangebied sou word, maar het nie geweet hóé nie. Student K en die ander student wat aanvanklik ten gunste van 'n direkte aanbieding was, was weereens tevrede dat die direkte aanbieding geskik was, want "dit is hoe ons wiskunde by ons onderwyser op skool geleer het en dit het vir ons gewerk". [Dié twee was saam op skool en het dieselfde wiskundeonderwyser gehad.] Terwyl die redenasie aan die gang was, het die navorser die volgende twee diagramme ongemerk op die bord getrek:



Student L het die diagramme na 'n tyd bemerk en uitgeroep: "Daar is die oplossing!", waarna Student T die diagramme met sy hulp soos volg ter verduideliking voltooi het:



Die 'leerders' het die betrokke eienskap van getalle weer dadelik 'gesien', eers in terme van oppervlaktes en daarna in terme van die produkte van getalle.

Die 'pro-indirekte drietal' was duidelik tevrede dat hulle probleem opgelos is: hulle sou die les op 'n nie-direkte ondersoekgebaseerde wyse kon aanbied. Student J, een van die 'pro-direkte tweetal', het egter onomwonde verklaar: "Die diagramme is *nog nie wiskunde nie*, maar is slegs *'n voorstelling van die wiskunde* waaroor dit hier gaan: *die simboliese reël*, wat deur K op die bord verduidelik is" [klem deur HDN]. Hierop het 'n hewige argument oor wat wiskunde is, gevolg. Student L het volgehou dat "die reël slegs 'n simboliese voorstelling van die eintlike wiskunde, wat sy oorsprong in die werklike lewe het, is" en dat "kinders wiskunde op hierdie wyse moet doen en leer"; hy is hierin deur Student T en van die ander studente ondersteun, terwyl Studente J en K heftig bly verskil het. Die twee groepe kon mekaar nie oortuig of oorhaal nie.

Dit is duidelik dat Studente J en K 'n formalisties-statiese beskouing oor wiskunde en wiskundeonderrig huldig, terwyl Studente L en T sodanige beskouing ten gunste van 'n dinamiese beskouing oor wiskunde en wiskundeonderrig verwerp. Hoewel slegs 'n klein groepie persone waargeneem is, en daar gevolglik 'versigtig' op grond

hiervan geëkstrapoleer moet word, toon hierdie geval dat persone se beskouings oor wiskundeonderrig onder andere diep in hulle beskouings oor wiskunde gewortel is en dat hulle nie maklik van hierdie beskouings afsien nie.

Verder strook Student J se getuienis oor sy navolging van sy wiskundeonderwyser se onderrigbenadering met navorsers se standpunt, dat beskouings oor wiskunde en wiskundeonderrig al op skool beslag kry (vergelyk Frank, 1990:10; Hewson & Hewson, 1987:426). Dit word dan ook tegelyk duidelik waarom vooraanstaande wiskundiges, soos Freudenthal (1973), Halmos (1975), Polya (1963, 1973) en Uhl (1994), asook toonaangewende wiskundeopvoedkundiges, soos Ernest (1991b), Freudenthal (1973), Skemp (1978), Steen (1988) en Thom (1973), ten gunste van 'n dinamiese, eerder as 'n rigiede, beskouing oor wiskunde en die onderrig en leer daarvan, argumenteer.

Die dinamiese beskouing oor wiskunde en die onderrig en leer daarvan, word tans wêreldwyd ten koste van die statiese beskouing nagestreef (Hiebert & Carpenter, 1992:81; Schoenfeld, 1992:335; vergelyk ook Brumbaugh *et al.*, 1997; Cangelosi, 1996). In die VSA het die National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) byvoorbeeld 'n omvattende ondersoek geloods om riglyne vir 'n dinamiese benadering tot die onderrig en leer van skoolwiskunde daar te stel (NCTM, 1989, 1991, 1995). In Brittanje het die Cockroft-verslag (Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics, 1982) reeds vroeër probeer om sodanige riglyne te formuleer.

3.2.2.3 Die instrumentalistiese beskouing

'n *Instrumentalistiese* beskouing, waarvolgens wiskunde as 'n 'sak gereedskap' beskou word, dui op die oorbeklemtoning van die nuttigheid of bruikbaarheid van wiskunde (De la Rosa, 1990:39; Thompson, 1992:132). Die nuttigheidswaarde van wiskunde word nie hier betwyfel nie; trouens, daar word met die NCTM (1989:5-6) en met De la Rosa (1990:39) saamgestem dat dit 'n kerndimensie van wiskunde, en die onderrig en leer daarvan, is. 'n Instrumentalistiese oorbeklemtoning van die nuttigheidswaarde van wiskunde misken egter die multi-dimensionele aard van wiskunde as werklikheidstruktuur. Dit kom neer op 'n eendimensionele verskraling of 'n verenging van wiskunde bloot tot 'n 'stuk gereedskap'.

Die implikasie van sodanige 'ingenieurs'-perspektief op wiskunde vir die onderrig en leer daarvan, is eweneens duidelik: die kurrikulum word op 'n pragmatistiese wyse gereduseer tot die 'nuttige elemente' van wiskunde, wat deur herhaalde inoefening en toepassing ingedril word - totdat dit op 'n geoutomatiseerde wyse en sonder

nadenke en begrip toegepas of nagedoen kan word (kyk 2.2.2.2 en 2.2.2.3). Sodoende bly die basis waarop verbandlegging in wiskunde berus, grootliks vir die leerder verborge, asook die inherente estetiese en harmoniese struktuurelemente van wiskunde.

3.2.2 Sintese

Die wisselwerking tussen die beskouing oor wiskunde en die beskouing oor en benadering tot die onderrig daarvan, word deur Ernest (1991b:xii) in 'n besondere perspektief gestel:

> "How mathematics is viewed, is significant on many levels, but nowhere more so than in education ... For if mathematics is a body of infallible, objective knowledge, then it can bear no social responsibility. ... On the other hand, if it is acknowledged that mathematics is a fallible social construct, then it is a process of inquiry and coming to know, a continually expanding field of human creation and invention, not a finished product. Such a dynamic view of mathematics has powerful educational consequences."

Onderwysers kommunikeer hulle besondere beskouings oor wiskunde in en deur die onderrig wat hulle gee. Ernest (1991b:xiii) wys byvoorbeeld daarop dat ondersoeke by sestienjarige leerders van wiskunde in Engeland aan die lig gebring het dat twee duidelik onderskeibare beskouings oor skoolwiskunde by hulle voorkom, naamlik: enersyds, 'n algoritmiese, meganiese en stereotipe beskouing; andersyds, 'n oop ("open-ended"), intuïtiewe en heuristiese beskouing. Hierby kan gevoeg word dat leerders wat met wiskunde *net as handige gereedskap* te doen gekry het, beswaarlik anders as in instrumentalistiese terme daaraan kan dink. Ernest (*ibid.*) gaan voort en stel dat hierdie beskouings, wat by leerders ontwikkel, ook van die besondere onderriginhoud ("text") afhanklik is. In aansluiting hierby stel Brumbaugh *et al.* (1997:45) en Cangelosi (1996:52) tereg dat dit wiskundeonderwysers en die wiskundekurrikulum handboek- en toetsgedrewe laat word.

Besondere beskouings oor en benaderings tot die onderrig van wiskunde kan dus slegs in perspektief geplaas word indien die onderliggende beskouings oor skoolwiskunde blootgelê en verreken word.

In hierdie ondersoek word slegs met die breë trekke van die beskouings oor wiskunde wat hierbo ter sprake gekom het, volstaan. Dié trekke word verder op 'n

geïntegreerde wyse in die bespreking in hierdie en die volgende hoofstukke ingevleg. Dit is egter van pas om nou sekere standpunte met betrekking tot 'n relativisties-dinamiese beskouing oor wiskunde en wiskundeonderrig te stel, aangesien dit van besondere betekenis vir die verwesenliking van doeltreffende wiskundeonderrig en -leer op skool is.

Ten eerste, is wiskunde, soos enige ander geheel van kennis, 'n uiting van die menslike gees, 'n *kultuur*-aktiwiteit, 'n produk van menslike vindingrykheid en ondernemerskap (Courant & Robbins, 1978:1; NCTM, 1989:7-8). As sodanig behoort dit inderdaad deel van die mens se verantwoordelike uitvoering van die kultuuropdrag te wees.

Daarby stel die klassieke resultaat van Gödel dat die beginsels van die logika, waarop wiskunde gefundeer word, nie die konsistensie van die wiskunde of die logika kan bewys nie (Kline, 1980:6). In hierdie sin is wiskunde dus wesenlik relatief en veranderlik van aard, selfs feilbaar en verganklik. Daarom word met Glencross (1991b:91) saamgestem dat wiskundekennis, en die verwerwing daarvan deur onderrig en leer op skool, eerder deur relatiwiteit met betrekking tot tyd en plek, en kultuur en waardes, as deur absolute onveranderlike en onfeilbare strukture of netwerke van begrippe, prosedures en algoritmes gekenmerk word. Die argumente van die gesaghebbende skrywers Cangelosi (1996), Cobb (1994b), Dossey (1992), Ernest (1991b), Nickson (1992), die NCTM (1989,1991), Schoenfeld (1988,1992) en Thompson (1984,1992) ondersteun sodanige standpunt.

Dit word nie ontken dat daar wel hiërargiese netwerke (strukture) van aaneengeskakelde begrippe, verwantskappe en prosedures in wiskunde voorkom nie, maar die kern van die relativisties-dinamiese beskouing is egter dat wiskunde *nie* dáárdeur gekenmerk word nie, maar eerder deur die *handeling* waardeur aanvanklik tot daardie kennisstrukture gekom word.

Verder geld wiskundige 'waarhede' ook dikwels voorwaardelik of binne bepaalde aksiomaskemas; dit geld nie noodwendig in ander aksiomaskemas of onder ander voorwaardes of konvensies nie. Daar bestaan reekse voorbeelde hiervan uit Euklidiese en hiperboliese meetkunde, versamelingsteorie en getalleteorie en -stelsels. Enkele elementêre voorbeelde, wat in terme van *hoe 'n wiskundeleerder op skool dit mag ervaar*, beoordeel moet word, is egter voldoende:

- Selfs "2 + 2 = 4" geld nie onvoorwaardelik nie, want "2 + 2" kan, afhangende van die grondtal, ook 11 (of selfs 10) wees.

- In elementêre algebra beteken "a^2" en "a x a" dieselfde, netsoos "3^2" en "3 x 3", maar "3a" beteken "3 x a", terwyl "32" nie "3 x 2" is nie, maar "30 + 2" of eintlik "3x10 + 2", beteken.
- In 'n platvlak sny ewewydige lyne mekaar nooit nie, maar op 'n boloppervlak, soos die aardbol, sny enige twee oneindige lang reguitlyne mekaar in twee punte, byvoorbeeld die noord- en suidpool.
- Die som van die binnehoeke van 'n driehoek is 180° in 'n platvlak, maar dieselfde som kan by Napierse driehoeke minder as 180° wees, terwyl 'n driehoek op die aardoppervlak drie 90°-hoeke, met 'n som van 270°, kan hê.
- Die omtrek van 'n sirkel word in 'n platvlak en in 'n hiberboliese meetkundige vlak, soos die oppervlak van sommige sandduine, eenders gedefinieer, tog kan die omtrek van 'n sirkel in laasgenoemde geval meer as $2\pi r$ wees (Henderson, 1995).
- 'n Ronde boorpunt boor 'n ronde gat, terwyl 'n boorpunt wat dieselfde vorm as die rotor van 'n wankelenjin het, 'n byna *vierkantige* gat kan boor!

Ten opsigte van die struktuur van wiskunde kan dus gestel word dat daar inderdaad 'n bepaalde orde of hiërargie in wiskunde voorkom, en dit mag selfs 'n doel van die betrokke onderrig wees dat die leerder hierdie orde en hiërargie ook moet ontdek en verstaan. Die onderwyser moet egter in gedagte hou dat die leerder *nie* vanuit sodanige gestruktureerde denke oor die betrokke wiskunde *vertrek* nie. Daarby "kry" hy of sy ook nie hierdie struktuur van die onderwyser nie, maar moet dit deur betekenisvolle leerhandelinge verwerf of toe-eien. Daar word gevolglik met Resnick (1988) saamgestem dat wiskunde, in die besonder skoolwiskunde, by die onderrig daarvan as 'n minder gestruktureerde, eerder as 'n hoogs gestruktureerde geheel van kennis benader behoort te word. In hierdie verband stel Cangelosi (1996:77) tereg dat wiskundeonderrig vanuit 'n "construct-a-concept"-punt moet vertrek: die leerder moet in staat gestel word om wiskundige begrippe vir homself of haarself op geldige wyses te konstrueer. Hierin moet daar op Cobb (1994a:4) se waarskuwing gelet word dat die 'relativisering' van wiskunde *nie* ter wille van die individuele leerder *ten koste van "mathematical and scientific ways of knowing"* plaasvind nie.

Die mens en sy uitinge, waaronder wiskunde, is onderhewig aan voortdurende veranderinge waarby aangepas moet word, al is dit dan net veranderinge in die voorwaardes, konvensies of aksiomaskemas wat in besondere omstandighede geld. Daarby behoort onderwys, en dus ook wiskundeonderrig, die leerder toekoms-

gerig tot doeltreffende en verantwoordelike taakvervulling toe te rus (Caissy, 1986:22; De Wet, 1986:226-227). Daar word gevolglik met Glencross (1991b:91) saamgestem dat wiskunde, en die onderrig en leer daarvan op skool, vanuit 'n probleemgesentreerde *relativisties-dinamiese*, eerder as 'n *absolutistiese formalisties-statiese* perspektief beskou behoort te word. Die instrumentele of nuttigheidswaarde van wiskunde, en die onderrig en leer van skoolwiskunde, behoort hierin in samehang met al die ander kerndimensies van wiskunde, en die onderrig en leer daarvan op skool, beskou te word.

'n Dinamiese beskouing oor skoolwiskunde stel bepaalde dringende en radikale eise aan wiskundeonderrig waarvan nie weggeskram mag word nie. In die volgende paragrawe word hieraan aandag gegee. By wyse van illustrasie word na 'n eis met betrekking tot die doel van wiskundeonderrig verwys, soos deur Ernest (1991b:xii) gestel:

> "The aims of teaching mathematics need to include the empowerment of learners to create their own mathematical knowledge; mathematics can be reshaped, at least in school, to give all [learners] more access to its concepts, ... the social contexts of the uses and practices of mathematics can no longer be legitimately pushed aside, the implicit values of mathematics need to be squarely faced."

Ten slotte, voorgaande beredenering lei logieserwys tot 'n slotsom wat treffend soos volg deur Ernest (*ibid.*) verwoord word:

> "When mathematics is seen in this [dynamic] way it needs to be studied *in living contexts* which are *meaningful and relevant to the learners*, including *their languages, cultures and everyday lives*, as well as *their school based experiences*. This view of [school] mathematics provides a rationale, as well as a foundation for ... approaches to mathematics [teaching]. Overall, mathematics becomes responsible for its uses and consequences, in education and society. Those of us in education have a special reason for *wanting this more human view of mathematics. Anything else alienates and disempowers learners*." [Klem deur HDN.]

Die argumente van Cangelosi (1996), Cobb (1988,1994a&b), Dossey (1992), Nickson (1992) en Thompson (1984, 1992) waarna verwys is, benadruk die belang van hierdie gevolgtrekking van Ernest. Dit word gevolglik hier gestel dat dit nood-

wendig prinsipieel in 'n benadering tot wiskundeonderrig op skool verreken behoort te word om doeltreffendheid van die onderrig hoegenaamd moontlik te maak. Trouens, Hiebert en Carpenter (1992), die NCTM (1989,1991) en Schoenfeld (1988, 1992) kom in hierdie verband tot dieselfde slotsom.

Uit voorgaande is dit duidelik dat beskouings oor die aard van (skool-) wiskunde die benadering, wat tot wiskundeonderrig op skool gevolg word, beïnvloed. Uit die beredenering van verskillende beskouings oor onderrig en die onderrig-leer-samehang in hoofstuk 2 volg dat beskouings oor leer, in die besonder van skool-wiskunde, ook 'n bepalende rol in hierdie verband speel. Daarom word die aandag eers op verskillende heersende beskouings oor die leer van wiskunde op skool gevestig, voordat benaderings tot wiskundeonderrig betekenisvol ontleed kan word.

3.3 DIE LEER VAN WISKUNDE OP SKOOL

3.3.1 Oriëntering

Beskouings oor die leer van wiskunde, kan nie van algemene teorieë oor leer losgemaak word nie. Die bestaan van verskillende benaderings tot die leer van wiskunde op skool hou direk met die bestaan van verskillende algemene teorieë oor leer verband. Romberg (1988:23) voer die bestaan van hierdie verskeidenheid teorieë en beskouings oor leer terug na die komplekse aard van die leerhandeling. Die erkenning van die onvermoë van die mens om hierdie komplekse aard na sy volle en ryke omvang te begryp, lei Romberg (1988:23-24) tot 'n aantal uitgangs-punte oor leer, wat binne die konteks van hierdie ondersoek van wesenlike belang is, naamlik:

- *Leerteoretici is nie eenstemmig oor wat leer is nie.* Sommige beskou leer as *verandering in gedrag* (De Wet *et al.*, 1981:1), ander sê dit behels die *verwerking van inligting tot kennis* (Shuell, 1988:277-278), terwyl ander dit as die *verwerwing van begrip deur die maak van interne verbindings* beskou (Davis, 1992:229; Hiebert & Carpenter, 1992:67-68); nog ander beskou dit as die *rekonstruksie van kennis deur betekenisvolle handeling* (Driver *et al.*, 1994:7; Bereiter, 1994:21). Genoemde groepe verskil verder ook oor die verloop van leer, asook oor redelike bewyse dat leer wel plaasgevind het, al dan nie.
- *Daar bestaan verskillende soorte leer, soos die leer van begrippe, vaardig-hede en probleemoplossing.* Die leer van die definisie van 'n sirkel of 'n

vergelyking om 'n sirkel voor te stel, verskil byvoorbeeld daarvan om te leer om stelsels lineêre vergelykings deur eliminasie op te los; die leer van meetkundige en trigonometriese konsepte aan die hand van die oplos van werklike opmetingsprobleme, verskil weer van die leer in voormelde gevalle.

- *Leerpsigoloë vertrek vanuit verskillende fundamentele aannames oor die aard van die leerhandeling.* Vir sommige geskied leer deur passiewe refleksie en vir ander deur aktiewe rekonstruksie (kyk 2.2.2.3 en 2.2.3.3). Sommige gaan van die standpunt uit dat leermoontlikhede deur biologiese faktore bepaal word (kyk 2.3.2), ander is weer daarvan oortuig dat dit deur ekologiese of omgewingsfaktore bepaal word (kyk 2.2.3.3); dan word leer ook nog deur sommiges as 'n rasionele proses benader en deur andere as 'n irrasionele proses (Romberg, 1988:24).

In die lig van die verskillende uitgangspunte oor leer is dit begryplik dat daar verskillende beskouings oor leer, in die algemeen, en oor die leer van wiskunde op skool, in die besonder, tot stand gekom het. Dit is eweneens begryplik dat verskillende beskrywings en verklarings met betrekking tot leerhandelinge gegee word.

Verskillende beskouings oor die leer van wiskunde op skool behoort dan ook in die konteks van beskouings oor leer in die algemeen ontleed te word. Daarom word beskouings oor die leer van wiskunde in die volgende bespreking telkens in die lig van die grondliggende algemene beskouing oor leer ontleed.

3.3.2 Beskouings oor die leer van wiskunde

3.3.2.1 Die produktradisie

In die behavioristiese leerteorie, wat reeds vroeg in die twintigste eeu ontwikkel is, word eerder op die *produkte* van leer, as op *hoe* geleer word, gefokus. Die grondliggende aanname is dat leer aan die hand van passiewe, maar rasionele, refleksie op stimuli in die omgewing geskied. Hiervolgens word leer as 'n verandering in gedrag beskou en word die mate van leer wat plaasgevind het in terme van die meetbare effek van hierdie verandering bepaal (De Wet *et al.*, 1981:1; Romberg, 1988:24). Die aandrang op 'dril-en-inoefen'-roetines in wiskundeonderwys wat steeds in sekere kringe gevind word (Burns, 1994:472; Müller & Van der Walt, 1993: 99), toon dat onderrig-leerpraktyke steeds grondliggend deur die produkgerigte beskouing oor leer beïnvloed word. Die gevaar bestaan egter dat sodanige praktyke

tot blote papegaaileer ("rote learning") kan lei, wat weer duursame betekenisvolle leer van wiskunde kan inhibeer (Davis, 1984:8).

Dit het mettertyd duidelik geword dat leerders nie eenders op stimuli en versterking in dieselfde omgewing reageer nie. Die klassieke behavioristiese leerteorie is gevolglik aangepas om op grond van bekwaamhede, vermoëns of style vir individuele verskille voorsiening te maak (Driver *et al.*, 1994:6; De Wet *et al.*, 1981:364). Aanvanklik is aanvaar dat die grense van die leer wat kan plaasvind deur genetiesbepaalde biologiese faktore, eerder as omgewingsfaktore, bepaal word (Prawat, 1992:362). Cronbach en Snow (1977) se invloedryke "aptitude-by-treatment interaction (ATI) studies" is 'n sprekende voorbeeld hiervan. Verder is die praktyk om leerders in bekwaamheidsgroepe en -bane te groepeer ook 'n direkte uitvloeisel van hierdie differensiële behavioristiese beskouing oor leer. Die algemene opvatting dat "wiskunde net vir die slimmes" is, spreek ook van hierdie beskouing.

Bloom en sy medewerkers se werk, wat tot die ontwikkeling van bemeesteringsleer gelei het (kyk 2.2.2.2), val ook in hierdie tradisie. Uit Kulik en medewerkers (Kulik *et al.*, 1990a&b) betoë ten gunste van bemeesteringsleer, wat op hul meta-analise in hierdie verband berus, blyk dit dat hierdie weergawe van die behavioristiese leerbeskouing steeds 'n sterk invloed op onderrig-leerpraktyke op skool uitoefen, in die besonder ten opsigte van wiskunde.

Soos bemeesteringsprogramme is geprogrammeerde onderrig en leer ook in die behavioristiese tradisie ontwikkel en in wiskundeklasse toegepas (Joyce, Weil & Showers, 1992:340-341). Die koms van rekenaargesteunde onderrig- en leerprogramme (RGO-), het aanvanklik verder tot die vestiging van 'n beperkende produkbeskouing oor en benadering tot die leer van skoolwiskunde bygedra, soos uit Engelbrecht (1990:302-303,305) se argumentasie blyk. Appel en Appel (1987: 279,281) argumenteer dan ook tereg dat sommige RGO-programme nie bevorderlik vir betekenisvolle leer van wiskunde met begrip is nie, maar eerder 'n vlak produkgerigte leerbenadering bevorder.

Die produkbeskouing van leer vertoon egter 'n verdere gebrek, wat wye implikasies vir die leer van skoowiskunde inhou. Bloom en medewerkers (Bloom, 1956,1964) het naamlik voortgegaan en 'n taksonomie van denkvlakke ontwikkel, waarvolgens leer as die produk van hiërargiese denke beskou word. Hiervolgens verloop leer vanaf *herroeping* op die laagste vlak tot *evaluering* op die hoogste vlak. Sodanige hiërargiese bekouing van leer kan egter daartoe lei dat die verskillende vlakke as

geïsoleerd en in 'n vaste volgorde beskou word (kyk 2.2.2.2). Die onderlinge verband en interaksie tussen die denkvlakke tydens leer word dus nie in berekening gebring nie. Dit mag tot die tradisionele oortuiging dat lae-orde wiskundige feite, reëls en vaardighede eers aangeleer moet word, voordat hoë-orde probleemoplossing geleer kan word, aanleiding gee. Resente leernavorsing uit sowel die inligtingverwerkings- as die konstruktivistiese tradisie toon egter dat probleemoplossing juis 'n doeltreffende konteks bied waarbinne wiskundige begrippe betekenisvol aangeleer kan word (Schoenfeld, 1992:352-354; Shuell, 1989:104; vergelyk ook Cangelosi, 1996:28-29; NCTM, 1989,1991).

Verskeie ander skrywers dui ook daarop dat behavioristiese benaderings geskik kan wees vir die laevlak-leer van elementêre feite, reëls en vaardighede (Gunter *et al.*, 1995:79-80; Shuell, 1990:541). Dit is egter onvoldoende vir hoëvlak-leertake, soos die ontdekking en verklaring van verwantskappe, die bewys van stellings en die oplos van komplekse probleme (Davis, 1992:231; Romberg, 1988:25).

3.3.2.2 Die prosestradisie

Die tekortkominge van die produkgerigte leerbeskouings het die aandag op die *proses*, wat tot die waargenome leeruitkoms gelei het, gerig. Gestalt-psigoloë het naamlik aangevoer dat die konfigurasie van die leerhandeling eers verstaan moet word, voordat verskille in leerprestasie verstaan en verklaar kan word. Hiervolgens is leer in terme van aktiewe konstruksie van kennis, eerder as passiewe absorbsie daarvan uit die omgewing, gekarakteriseer (Prawat, 1992:356-357; Romberg, 1988: 25). Sodanige *konstruktivistiese* beskouing oor die leer van wiskunde hou in dat leerders hulle leefwêreld in betekenisvolle patrone ervaar en dat hulle op grond van hierdie patrone betekenis gee aan dit wat geleer word (Cobb, 1994:13; Driver *et al.*, 1994:7). Die klassieke probleemoplossingsbenaderings tot die onderrig en leer van wiskunde van Hadamard (1945) en Polya (1963, 1973) is sprekende voorbeelde van die Gestalt-konstruktivistiese leerbeskouing.

Selfs al word die leer van wiskunde as 'n proses beskou, beteken dit nog nie noodwendig dat van die beperkinge van die produkbeskouing ontsnap word nie. Die leerproses kan naamlik vanuit 'n meganistiese perspektief beskou word, wat weereens daartoe kan lei dat die leerproses tot 'n vaste hiërargie van opeenvolgende leerfases, -take of -vorme herlei kan word (vergelyk byvoorbeeld Gagné, 1983:34; Esler & Sciortino, 1988:3). Sodanige uitgangspunt oor die leer van wiskunde lei dan ook daartoe dat aanvaar word dat die leerproses ekstern tot so 'n mate deur onder-

wysers beïnvloed kan word, dat hulle die leerproses kan 'stuur' om tot verwagte leerdergedrag en leerresultate uit te kom (Gagné, 1983:62,285; kyk ook Tabel 2.1). Dit strook eweneens nie met resente inligtingverwerkings- en konstruktivistiese leerbeskouings, waarna reeds in 2.2.3.3 en 3.3.2.1 verwys is, nie. In die besonder, strook dit nie met die beskouing dat leer ten beste in terme van probleemoplossing gekarakteriseer kan word nie (Shuell, 1990:540), of dat die leer van wiskunde ten beste in 'n probleemgesentreerde konteks plaasvind nie (Schoenfeld, 1992:348).

In 2.2.3.2 is in navolging van Monteith (1989:4) geargumenteer dat die leer van (skool-) wiskunde in hierdie ondersoek as 'n *handeling*, eerder as 'n proses beskou word. Daardeur word beklemtoon dat die leer van (skool-) wiskunde 'n komplekse, geïntegreerde en intra-afhanklike geheel van denkhandelinge is, waarby strategiese besluitneming betrokke is. Die implikasies van so 'n geheelbeskouing van die leer van wiskunde op skool word in die volgende hoofstuk beredeneer.

3.3.2.3 Samevatting

In 3.2 is aangetoon dat wiskunde as *menslike handeling* van 'n komplekse aard is en dat daar gevolglik 'n verskeidenheid beskouings en oortuigings oor dit wat op skool in wiskunde geleer word, bestaan. Indien die komplekse aard van die leerhandeling nou hiermee in verband gebring word, kan dit verwag word dat daar ook 'n verskeidenheid beskouings en oortuigings oor die leer van wiskunde op skool bestaan. Daar word egter tans uit verskeie oorde daarop aangedring dat die leer van wiskunde op skool vanuit 'n probleemgesentreerde konteks benader behoort te word.

3.3.3 Wiskundeonderrig en die leer van wiskunde

In hoofstuk 2 is aangetoon dat beskouings oor die onderrig-leersamehang in die algemeen 'n sleutelrol met betrekking tot die beskouings oor die doeltreffendheid, al dan nie, van onderrig vervul. Uit die voorgaande beredenering behoort nou ook duidelik te wees dat dit in die besonder van wiskundeonderrig geld, soos Carter en Norwood (1997:65-66) en McDiarmid (1990:13-14) dan ook bevind.

In ooreenstemming met die proses-produktradisie word wiskundeonderrig in die tradisionele benadering as die *oorsaak* van wiskundeleer beskou (kyk 2.2.2.1). Dit lei tot die oortuiging dat tradisionele 'kennisoordrag'-onderrig (transmissie-) van skoolwiskunde doeltreffend is solank die leerders wat daaraan onderwerp word, die verwagte korrekte leerresultate of 'regte antwoorde' kan demonstreer (Schoenfeld,

1988:147; Saunders, 1992:137). Daar bestaan egter voldoende bewys dat leerders deur memorisering korrekte prosedures, en gevolglik verwagte regte antwoorde kan weergee, sonder dat hulle die betrokke begrippe hoef te verstaan of daaroor na te dink (Davis, 1984:8; Schoenfeld, 1988:147; vergelyk ok McDiarmid, 1990).

In teenstelling met die voorskriftelike kennisoordragbeskouing stel die ontologies-kontekstuele tradisie dat leer 'n individuele handeling is, wat deur onderrig *moontlik gemaak* kan word (kyk 2.2.3.2). In aansluiting hierby word onderrig hedendaags as doeltreffend beskou na die mate waartoe dit leerders in staat stel om toepaslike leerhandelinge aan die hand van probleemoplossing doeltreffend uit te voer (Shuell, 1989:104). In die besonder berus die konstruktivisties-geïnspireerde probleem-gesentreerde benadering tot wiskundeonderrig daarop dat skoolwiskunde ten beste geleer word in 'n konteks van die oplos van probleme, wat vir die leerder betekenis-vol is (Cangelosi, 1996:71; Human, Olivier & Murray, 1993:1; Lappan & Ferrini-Mundy, 1993:627,631). Sodoende konstrueer leerders hulle eie wiskundekennis deur aktiewe betekenisgewing in terme van hulle voorkennis en bou hulle hul wiskundige begripstruktuur uit (Davis, 1992:228; Saunders, 1992:137-138: vergelyk ook Brumbaugh *et al.*, 1997:16-23). Probleemgesentreerde wiskundeonderrig word dus as doeltreffend beskou in die mate waartoe dit 'n omgewing of omstandighede skep, wat doelgerigte betekenisvolle probleemoplossing moontlik maak (Human, Olivier & Murray, 1992:1; Lerman, 1991:79).

3.3.4 Sintese

Uit die voorgaande beredeneringe in hierdie hoofstuk blyk dat bepaalde oortuigings en beskouings oor die aard van wiskunde, asook oor die leerhandeling in wiskunde 'n sentrale rol in die vestiging van 'n beskouing oor die onderrig-leersamehang in wiskunde speel. Dit blyk verder dat beskouings oor die onderrig-leersamehang in wiskunde 'n kernrol in die bepaling van spesifieke benaderings tot die onderrig van wiskunde speel. Gevolglik speel fundamentele beskouings oor wiskunde en die leer daarvan 'n sleutelrol met betrekking tot besondere benaderings wat tot die wiskundeonderrig voorgestaan word, al dan nie.

Daar kan nou oorgegaan word tot 'n ontleding van prominente kontemporêre benaderings tot skoolwiskundeonderrig, teen die agtergrond van voormelde fundamentele beskouings.

3.4 BENADERINGS TOT DIE ONDERRIG VAN WISKUNDE

3.4.1 Oriëntering

Dit val buite die bestek van hierdie ondersoek om 'n oorsig van alle onderrig-benaderings en -modelle wat van toepassing mag wees, te gee. Daarom word slegs benaderings tot skoolwiskundeonderrig, waaraan vandag steeds tot 'n redelike mate prominensie verleen word, onder beskouing geneem. Verder word ook hoofsaaklik slegs op die *grondtrekke* van hierdie benaderings gefokus. Dit is onmoontlik om hierdie benaderings streng chronologies te orden, omdat benaderings in die tyd gedy, taan en herleef, en omdat wissel- en mengvorme voorkom en in sommige gevalle wenslik is (Cangelosi, 1996:71). In navolging van Joyce *et al.* (1992), in hulle monumentale werk oor onderrigmodelle, word die bespreking egter breedweg volgens 'tradisie' georden, soos daar ook in hoofstuk 2 gedoen is.

In hierdie verband verdien Kuhs en Ball (1986:2) se tipering van die beskouings oor wiskundeonderrig wat die onderskeie tradisies ten grondslag lê, hier vermelding. In die volgende bespreking van benaderings tot wiskundeonderrig sal gepoog word om die implikasies van hierdie grondbeskouings deurgaans te verreken. Vier dominante beskouings oor skoolwiskundeonderrig word onderskei, naamlik:

- *Leerdergesentreerde wiskundeonderrig* wat op die leerder se persoonlike betekenisgewing en konstruksie van wiskundige kennis gerig is. Radikaal-konstruktivistiese wiskundeonderrig (Von Glasersfeld, 1991) en wiskunde-onderrig vanuit 'n sosiaal-kulturalistiese perspektief (Cobb, 1988,1994b) is tipiese voorbeelde hiervan (kyk 2.2.3.3 en 3.4.3.3).
- *Inhoudgesentreerde wiskundeonderrig met die klem op begripsvorming* ("conceptual understanding") wat deur die leerinhoud self gerig word, maar wat op die leer daarvan met begrip ingestel is. Rosenshine en Stevens (1986) se effektiewe onderrigmodel wat op inligtingverwerkingsbeginsels berus, is byvoorbeeld hierop gebaseer (kyk 2.4.4 en 3.4.3.2).
- *Inhoudgesentreerde wiskundeonderrig met die klem op prestasie* ("mathematical performance") wat op leerprestasie ten opsigte van die bemeestering van wiskundige kennis, reëls en prosedures gerig is. Tradisionele wiskunde-onderrig wat op bemeesteringsbeginsels berus is, toon duidelike ooreenkomste hiermee (kyk 2.2.2.2 en 3.4.2.2).

- *Klaskamergesentreerde wiskundeonderrig* wat op kennis van die 'effektiewe klaskamer' gebaseer is. Hunter se model (kyk 2.4.4) en aktiewe wiskundeonderrig (kyk 3.4.2.3) is sprekende voorbeelde hiervan. Beide berus op die 'effektiwiteit' van die struktuur van die klaskamer- en lesgebeure, soos uit Brumbaugh *et al.* (1997:6-13) se tipering van die 'effektiewe wiskundeklaskamer' blyk.

Die aandag word vervolgens op 'n aantal benaderings tot wiskundeonderrig gerig. In sommige gevalle word die fokus ook op wisselvorme wat mag voorkom, gerig.

3.4.2 Produkgerigte benaderings tot wiskundeonderrig

3.4.2.1 Oriëntering

Soos in 3.3.3 gestel, is daar 'n wisselwerking tussen die beskouings oor skoolwiskunde, die leer daarvan en die benaderings tot die onderrig daarvan. Wiskunde is tradisioneel vanuit 'n statiese absolutistiese perspektief beskou, met die gevolg dat die kurrikulum uit rigiede en hoogs hiërargies gestruktureerde wiskundeinhoude wat bemeester moes word, bestaan het. Daarby is leer vanuit 'n produk-perspektief beskou, met die gevolg dat die leer van wiskunde as die uitvoering van 'n hiërargie van leerfunksies beskou is. 'n Bemeesteringgerigte onderrigbenadering is dan ook tradisioneel gevolg, met die doel om die hiërargies geordende inhoude stuksgewys op sodanige wyse aan te bied dat verwagte leerprodukte verkry kon word en verskillende vlakke van leer bemeester kon word.

Namate die beperkinge van die tradisionele beskouing oor skoolwiskunde en die leer daarvan aan die lig gekom het, is daar aanvanklik vanuit die behavioristiese perspektief na 'beter' onderrigbenaderings gesoek. Die proses-produktradisie het onder kognitiewe leerpsigologiese invloed dan ook uiteindelik die sogenaamde 'aktiewe wiskundeonderrig'-program as model opgelewer.

Genoemde twee produkgerigte benaderings tot die onderrig van skoolwiskunde word vervolgens ontleed.

3.4.2.2 Tradisionele bemeesteringgerigte wiskundeonderrig

Tradisionele of konvensionele wiskundeonderrig is maklik uit te ken: wiskundeonderwysers volg hul wiskundeonderwysers se voorbeeld getrou na en verwag ook van die leerders in hul klasse om húlle voorbeeld na te volg (Romberg & Carpenter, 1986:851; Stodolsky, 1985:132). Verder stel Glencross (1991b:91) dat wiskunde

tradisioneel op "universal absolute foundations" gebaseer word en as 'n "codified body of knowledge, certain, value-free and abstract" aangebied word. Die volgende waarneming van Welch (1987:6) is tiperend van hierdie benadering tot wiskundeonderrig:

> "In all math classes I visited, the sequence of activities was the same. First, answers were given for the previous day's assignment. The more difficult problems were worked by the teacher or a student at the chalkboard. A brief explanation, sometimes none at all, was given of the new material, and problems were assigned for the next day. The remainder of the class was devoted to working on the homework while the teacher moved about the room answering questions. *The most noticeable thing about math classes was the repetition of this routine*." [Klem deur HDN.]

Davis (1984:8) vat die kern van die gebeure in tradisionele wiskundeklaskamers soos volg saam:

> "[Mathematics] ... is commonly learned by rote; the student is told what to do and how to do it, and that is about all that happens - that, plus a substantial amount of drill and practice."

Enkele essensiële, maar beperkende kenmerke van tradisionele wiskundeonderrig wat uit die baanbrekerswerk werk van Cobb (1988), Davis (1984,1992), Romberg en Carpenter (1986), Schoenfeld (1988,1992) en andere (kyk 2.3.1 en 2.3.2) en die bespreking tot dusver in hierdie hoofstuk spruit, word vervolgens uitgelig. Bepaalde implikasies hiervan vir die onderrig van wiskunde op skool word ook aangedui.

- *Wiskunde word as 'n statiese begrensde dissipline beskou.* Die klem is op die onderrig van die begrippe en vaardighede wat met aspekte van die dissipline verband hou. 'n Inhoudgesentreerde beskouing oor wiskunde-onderrig lê duidelik aan die wortel hiervan; in die woorde van Dewey (soos aangehaal deur Romberg & Carpenter, 1986:851):

  > "This massive record of knowledge, independent of its place as an outcome of inquiry and a resource in further inquiry, is taken to be knowledge."

  Hierdie beskouing oor wiskunde het daartoe gelei dat wiskunde van ander dissiplines (soos die natuur- en ekonomiese wetenskappe) geskei geraak

het. Die gevolg hiervan is dat wiskunde uiteindelik ook van die werklikheid en van die ondersoekproses vervreem of geskei geraak het (Schwartz & Curcio, 1995:116-117; Romberg & Carpenter, 1986:851). Die volgende voorbeeld dien ter illustrasie hiervan (vergelyk Cobb, 1988:98-99):

> Leerders gebruik hul 'eie' hoofberekeningstrategieë spontaan, doeltreffend en met gemak om probleme in die werklike lewe op te los, soos om te bepaal hoeveel geld nodig is om 'n aantal artikels te kan koop. Wanneer hulle egter dieselfde probleemsituasie as 'n 'woordsom' in die wiskundeklas teëkom, gebruik hulle die 'finale tegniek' wat onderrig en ingedril is, sonder nadenke oor die korrektheid, al dan nie, van die uitkoms daarvan.

Skoolwiskunde het gefragmenteer geraak. Subdissiplines, soos rekenkunde, algebra, meetkunde, trigonometrie en dies meer, is gevorm en dié word op 'n geïsoleerde wyse onderrig (NCTM, 1991:4). Dit lei daartoe dat hulle nie met mekaar in verband gebring word nie. Leerders is byvoorbeeld in staat om die volgende berekening (in rekenkunde) met behulp van die 'kgv-tegniek' te doen:

$$\frac{1}{2}+\frac{2}{3}=\frac{3}{6}+\frac{4}{6}=\frac{3+4}{6}=\frac{7}{6}=1\frac{1}{6}$$

Wanneer dieselfde prosedure egter in algebra benodig word, kom die volgende fout algemeen voor (Barnard, 1989:14):

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}=\frac{a+c}{b+d}$$

Die subdissiplines word ook sistematies op hoogs hiërargiese wyse in temas, subtemas, lesreekse, lesse en uiteindelik spesifieke feite en vaardighede verdeel. Op dié wyse vervaag of verdwyn die fokus op die wesenlike wiskundige prosesse of wiskundige denkhandelinge, waaronder abstraksie, ontdekking, uitvinding, bewysvoering, verifiëring, toepassing en probleemoplossing (NCTM, 1989:5-6; Romberg & Carpenter, 1986:851). 'n Enkele voorbeeld uit die ervarings van standerd 10-wiskundeonderwysers dien ter illustrasie:

Die berekening van die afgeleide van 'n funksie f, met $f(x) = 2x^2+1$ vir alle $x \in \Re$, in 'n punt $x = 2$ uit eerste beginsels met behulp van die limiet:

$$\lim_{h \to 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

word suksesvol by leerders ingedril. Hulle 'weet' ook dat die afgeleide van 'n funksie die 'veranderingstempo van die funksie' is en hulle kan neerskryf dat die snelheid van 'n voorwerp die veranderingstempo van die verplasing daarvan is. Hulle vind dit egter moeilik om die snelheid van 'n voorwerp, waarvan die verplasing s (in meter) as funksie van die tyd t (in sekondes) deur $s(t) = 2t^2+1$ gegee word, op die tydstip $t = 2s$ met behulp van die afgeleide te bepaal. Leerders kan die formele tegniek herhaal of na-aap, maar begryp nie dat dit in 'n ander konteks gebruik kan word om 'n probleem op te los nie!

- *Die opgetekende wiskundekennis word as die geheel van wiskundekennis beskou* (vergelyk die voormelde aanhaling van Dewey deur Romberg en Carpenter, 1986:851). Soos Romberg en Carpenter (1986:851) suggereer die NCTM (1989:7) dat dit daartoe lei dat die verwerwing van reeds bekende wiskundekennis 'n (dié?) doel op sigself word. Leerders spandeer gevolglik hul tyd om *wiskunde wat ander gedoen het* te 'absorbeer', in plaas daarvan dat hulle self wiskunde-ervarings beleef. Romberg en Carpenter (1986:851) haal verder Dewey se beeld aan dat leerders beskou word as 'registreer-apparate' wat inligting geïsoleer van handelinge en intensies stoor. Freire (aangehaal deur Glencross, 1991b:92) verduidelik dít aan die hand van die volgende beeld: onderwysers se taak is om feite of idees in leerders se verstand te 'bank', terwyl leerders se handelinge tot die stoor, liassering, klassifisering en herroeping daarvan beperk bly.

  Die aktiwiteite in 'tradisionele wiskundeklasse' is daarom op die *oordrag* en *inneem van kennis*, eerder as op *betekenisvolle* en *begripmatige ondersoekende leeraktiwiteit* gerig. Van leerders word verwag om 'ou' kennis in te neem, in plaas daarvan om hul eie 'nuwe' kennis te ontdek, te ondersoek, te konstrueer en te ontwikkel. Leerders se onvermoë om bekende kennis te gebruik om nuwe probleemsituasies op te los, is onder meer 'n gevolg hiervan. Probleemoplossing word daarom tans in die sentrum van die

aktiwiteite in wiskundeklasse op skool gestel (kyk 3.4.4). Navorsing uit die konstruktivistiese en inligtingverwerkingtradisies het onteenseglik bewys dat alle kennis op unieke aktiewe en betekenisvolle wyses deur individue gekonstrueer word en dat dié konstrukte met die tyd verander en groei, en dus ontwikkel (kyk 2.3.2 en 3.4.4.4).

Die onderrig is dus eerder *inhoud-* as *prosesgerig*. Dit staan in skrille kontras tot Caissy (1986:23-24) se bevinding dat leerders op skool toegerus moet word tot die beheersing van essensiële lewensvaardighede, eerder as om met massas inhoude waarvan die relevansie en betekenisvolheid nie blywend is nie, oorspoel te word (vergelyk ook Kleinman, 1995:155). 'n Ou Chinese gesegde sê dat jou kind 'n ete het as jy vir hom 'n vis gee, maar as jy hom leer om vis te vang, het hy 'n ete vir die res van sy lewe. Tradisionele wiskundeonderrig 'gee' aan die kind 'n vis, eerder as die vermoë om self een te vang!

- *In tradisionele wiskundeonderrig is die rol van die onderwyser hoofsaaklik bestuursmatig en prosedureel van aard.* Romberg en Carpenter (1986:851) vat dit soos volg raak:

  "... [teachers'] job is to assign lessons to their classes, start and stop the lessons according to some schedule, explain the rules and procedures of each lesson, judge the action of students during the lesson, and maintain order and control throughout."

  Die gevaar bestaan dat die ordening en beheer van die onderrig-leergebeure 'n doel op sigself kan word. Die onderwyser kan so behep wees met 'n gevoel van "*ek* is in beheer" dat leerders nie die geleentheid kry om verantwoordelikheid vir en beheer, regulering en monitering van hulle eie leerhandelinge te aanvaar nie (kyk 2.3.2, 2.3.5 en 2.3.6).

Davis (1984) en Stodolsky (1985) identifiseer twee verdere beperkinge van tradisionele wiskundeonderrig op skool wat tot die ondoeltreffendheid daarvan bydra:

- *Die klem val eerder op roetine as op kreatiwiteit* (Davis, 1984:14; Stodolsky, 1985:128). Uit voorgaaande blyk duidelik dat tradisionele wiskundeonderrig arm aan geleenthede en uitdagings tot kreatiwiteit is - vir die onderwyser, sowel as die leerders. Selfs die keuse van bepaalde inhoudskerne (feite, begrippe) en vaardighede wat in 'n bepaalde les onderrig moet word, word tot 'n hoë mate deur die kurrikulum of die handboek bepaal (Romberg &

Carpenter, 1986:851; Stodolsky, 1985:128; kyk ook 2.3.1). Gevolglik vind begripsvorming op 'n lae vlak plaas, word wiskunde ondoeltreffend geleer, is leerders se motivering en belangstelling laag, en kom verveling voor (Davis, 1984:14-20; vergelyk ook Bloom, 1971a:13; 1971b:47). Verder verhoog die voorkoms van onderrig- en leermislukkings en neem die gevoel van self-doeltreffendheid by die onderwyser en die leerders af (Ashton, 1985:143-144). Gevolglik styg die vlakke van onderrigfrustrasie, enersyds, en leer-angs, in die besonder wiskundeangs en wiskundevermyding, andersyds (Skiba, 1990:188; Stodolsky, 1985:131-132).

- *Nuwe wiskundige begrippe word eerder algoritmies as betekenisvol geleer* (Davis, 1984:8; vergelyk ook Nieuwoudt, 1989:269-273). 'n Enkele voorbeeld sal die punt toelig:

  Wanneer berekeninge gedoen moet word, soos om die verskil van 525 en 97 te bepaal, word die prosedure of 'finale tegniek' aan die hand van 'n eenvoudige algoritme ('standaardalgoritme'), wat deur herhaalde inoefening ingedril word, aangeleer:

  Stap 1: Skryf die getalle ondermekaar neer met die ene onder die ene, tiene onder die tiene, honderde onder die honderde.

```
  H T E
  5 2 5
- 9 7
```

  Stap 2: Begin nou by die ene (die kleinste eenheid): 7 kan nie van 5 afgetrek word nie, gaan 'leen' 1 tien, trek nou af (15 - 7), skryf 8 neer:

```
  H T E
  5 1 15
- 9 7
    8
```

Stap 3: Gaan nou netso met die tiene voort: 9 kan nie van 1 afgetrek word nie, gaan 'leen' 1 honderd, trek nou af (11 - 9), skryf 2 neer:

H	T	E
4	$^{1}1$	$^{1}5$
-	9	7
	2	8

Stap 4: Gaan nou netso met die honderde voort: 4 – 0 is 4.

H	T	E
4	$^{1}1$	$^{1}5$
-	9	7
4	2	8

Die gebruik van 'n standaardalgoritme om 'n berekening uit te voer, word nie hier bevraagteken nie, maar die rigiede en meganiese wyse waarop die 'wiskundige' prosedure onderrig en aangeleer moet word. In wese word van leerders verwag om hier 'n (geldige) algoritme te outomatiseer vóórdat hulle die 'boustene' daarvan betekenisvol leer (Cobb, 1988:99). Vorm, roetine en prosedure, eerder as betekenis en begrip van roetines en prosedures, word hier sentraal gestel. Dít is die teelaarde van wanopvattings en ongeldige algoritmes ("buggy algorithms") (Olivier, 1989:iv,x; Romberg & Carpenter, 1986:857). Daarom bied leerders byvoorbeeld 'pogings' soos die volgende as korrek aan (vergelyk Olivier, 1989:x; VanLehn, 1983:205-206):

(a)	(b)	(c)	(d)
207	207	207	207
- 169	- 169	- 169	- 169
162	100	42	40

Dus kom ongeldige algoritmes, soos die volgende, vry algemeen voor - ten spyte van die groot hoeveelheid drilwerk van die 'optel-met-oordrag-tegniek' in primêre skoolwiskundeklaskamers: (a) 'kleinste-van-die-grootste', (b) 'nul-in-plaas-van-leen', (c) 'kleinste-van-die-grootste-in-plaas-van-leen-van-nul', (d) 'nul-in-plaas-van-leen-van-nul'.

Schoenfeld (1988:148,150) rapporteer op twee verdere bevindings in hierdie verband. Eerstens, wys hy op Wertheimer se klassieke bevinding dat skoolleerders wat 'goed vaar met basiese bewerkings' geneig is om in gevalle soos:

$$\frac{274+274+274}{3}$$

en:

$$\frac{812+812+812+812+812}{5}$$

eers die 'optelsom' te maak, en dan die 'deelsom'. Hulle bring dus nie die aantal herhalings van dieselfde getal begripmatig in verband met die ooreenstemmende deeltal nie, maar volg eerder die geykte roetine of voorskrif. Tweedens, het Schoenfeld bevind dat hoërskoolleerders in die oplos van meetkundeprobleme by die een aangeleerde 'gegee-gevra-bewering-rede'-prosedure, waarvolgens stellings bewys word, hou sonder begrip van die verband tussen meetkundige begrippe, konstruksietegnieke en kennis van bewysprosedures, soos die toepassing van logikareëls.

Daar bestaan 'n noue verband tussen die starheid en grootgroepgerigtheid van tradisionele wiskundeonderrig, asook die ongunstige gevolge daarvan, en die proses-produkbeskouing oor onderrig wat aan die wortel daarvan lê. Die bydrae van 'n onderliggende formalisties-statiese beskouing oor wiskunde tot 'n beperkende beskouing oor en benadering tot wiskundeonderrig word tans ook allerweë erken. Trouens, in 3.2 is aangetoon dat vooraanstaande skrywers 'n direkte verband tussen 'n statiese beskouing oor wiskunde en 'n rigiede benadering tot die onderrig daarvan stel.

Daar is ook reeds vroeër in 2.3.1 gestel dat die tradisionele onderrigbeskouing op 'n onaanvaarbare meganistiese mensbeeld berus. Kliebard (soos aangehaal deur Romberg & Carpenter, 1986:850) stel dit soos volg:

> "Traditional instruction is based on a metaphor of production in which students are seen as 'raw material' to be transformed by 'skilled technicians'."

Die tradisionele benadering tot wiskundeonderrig illustreer 'n argument, wat reeds vroeër in 2.5.1 gestel is, duidelik. Dié 'huis' is inderdaad op sand gebou: die fundamentele vertrekpunte waarop die benadering berus, is bedenklik, indien nie vals nie. Die mensbeskouing, die kennisbeskouing ,die vakbeskouing en die beskouing oor die onderrig- en leerverskynsels, wat hierbo beredeneer is, illustreer dit voldoende. Hierdie benadering word dus nié deur 'n gefundeerde onderrigteorie ondersteun nie; vandaar die mislukking daarvan.

Daar kan op verskillende wyses op hierdie 'probleem' gereageer word. Die *status quo* sou gehandhaaf kon word; vanuit 'n opvoedende onderwysperspektief sou dit uiters onverantwoordelik wees. Die afbreek van die 'ou gebou' en die *vervanging* daarvan met 'n nuwe sou eweneens onverantwoordelik wees as die fondamente steeds onbetroubaar is. *Opknapping* of restourasie van die 'gebou' is 'n verdere moontlikheid; die fundamentele gebreke moet egter herstel (kan) word, só nie sou ook opknapping futiel wees. Die 'gebou' kan ook grondig of radikaal *herbou* word; dít vereis egter 'n besondere ingesteldheid by die opvoedkundige wat dit wil onderneem. In die woorde van Fowler (*in* Fowler *et al.*, 1990:7) vra dit van die christen opvoedkundige

> "... sound *critical judgment*. ... careful *discrimination* to identify the idolatrous influences embedded in the common sense educational wisdom of the age. ...there must be a *critical testing* and *retesting* of all educational *ideas* and *practices*." (Klem deur HDN.)

Verskillende pogings is aangewend om die probleme van tradisionele wiskundeonderrig reg te stel. 'n Aantal 'nuwe' benaderings tot wiskundeonderrig het sedert die vroeë tagtigerjare op grond hiervan na vore getree. Pogings is aangewend om geprogrammeerde en bemeesteringsonderrig van wiskunde op te knap, maar om redes wat reeds vroeër in hierdie hoofstuk genoem is, het dié benaderings nie wye inslag gevind nie (vergelyk Appel & Appel, 1987; Slavin, 1990). Die prominentste van die vroeë 'reggestelde' benadering word vervolgens ontleed.

3.4.2.3 Aktiewe wiskundeonderrig

Korrelatiewe ondersoeke in die proses-produktradisie is in die jare sewentig gebruik om die 'elemente' van suksesvolle wiskundeonderrig te bepaal en met die resultate van die kognitiewe leerpsigologiese navorsing te versoen. Die direkte onderrigbenadering wat as *aktiewe wiskundeonderrig* bekend geword het, is só ontwikkel. Die oorspronklike en ook belangrikste voorbeeld hiervan is Good en Grouws (1979)

se *"Missouri Mathematics Effectiveness Project"* (MMEP) (Corno, 1988:183; Good & Biddle, 1988:128).

Volgens Good en Grouws (1979:355-356) het die samestelling van die MMEP-program soos volg verloop: Onderwyseroptredes is ten aanvang met leerderprestasie gekorreleer om 'effektiewe onderrighandelinge' te identifiseer. Die 'onderriggedrag' van onderwysers wat oor 'n aantal jare relatief suksesvol in hulle wiskundeonderrig was, is op daardie stadium ten opsigte van hierdie 'effektiewe handelinge' met dié van onderwysers wat in ekwivalente omstandighede relatief onsuksesvol in hulle onderrig was, vergelyk. Sodoende is spesifieke onderrighandelinge wat suksesvolle wiskundeonderwyers van onsuksesvolles onderskei, bepaal. Op grond hiervan is die program vir 'aktiewe wiskundeonderrig' (AWO) geformuleer. Dié program is in 'n ware-eksperiment getoets; onderwysers wat die program gevolg het, was beduidend meer suksesvol as dié wat die tradisionele program gevolg het. Rosenshine en Stevens (1986:376) verklaar die sukses van hierdie 'program' in terme van die beginsels van die inligtingverwerkingsteorie oor leer. Good en Grouws (1979:356) rapporteer egter dat die proefonderwysers oor die algemeen probleme ervaar het om die ontwikkelingfase, wat die wese van die onderrigprogram is, doeltreffend uit te voer.

Die kernelemente van die AWO-program soos dit in 'n primêre skool met 45 minuutlesperiodes geïmplementeer word, word in Tabel 3.1 saamgevat. Toepassing van die program is nie tot die primêre skool beperk nie, maar kan in breë trekke en met enkele aanpassings ook in die sekondêre skool toegepas word (Evertson, Anderson, Anderson & Brophy, 1980:43; vergelyk ook Nieuwoudt, 1989).

Ervaring leer dat lesperiodes hier te lande gewoonlik aansienlik korter as 45 minute is. 'n Moontlike aanpassing sou wees om naastenby by die 8:20:15:2-verhouding vir die tydsverdeling tussen die *daaglikse* lesfases te hou, byvoorbeeld 6:13:9:2 vir 'n 30 minuut- of 5:10:8:2 vir 'n 25 minuut-periode. Die onderwyser sal deeglik moet oorweeg tot watter mate streng by dié tye gehou word, al dan nie, veral vir periodes wat nog korter is. Die hoedanighede van die betrokke leerders en die aard van die spesifieke leerinhoud is belangrike determinante in hierdie verband (Evertson *et al.*, 1980:54-55; Rosenshine & Stevens, 1986:379).

Tabel 3.1 : Aktiewe wiskundeonderrig in die primêre skool (Good & Grouws, 1979:357)

1. *Daaglikse hersiening* [eerste 8 minute behalwe op Maandag]
   - \+ Hersien begrippe en vaardighede wat met die huiswerk verband hou
   - \+ Neem huiswerk in en handel daarmee soos beplan
   - \+ Stel verskeie vrae en probleme wat deur hoofberekening gedoen kan word
2. *Ontwikkeling* [ongeveer 20 minute]
   - \+ Fokus kortliks op voorvereiste begrippe en vaardighede
   - \+ Fokus op betekenis en die bevordering van leerder-begrip deur die gebruik van lewendige verduidelikings, demonstrasies, proses-verduidelikings, illustrasies, ensovoorts
   - \+ Evalueer leerder-begrip deur middel van
     - proses- en produkvrae (aktiewe interaksie)
     - gekontroleerde inoefening
   - \+ Herhaal en brei uit op die betekenis-gedeeltes na behoefte
3. *Selfstandige inoefening* ("seatwork") [ongeveer 15 minute]
   - \+ Voorsien ononderbroke geleentheid vir suksesvolle inoefening
   - \+ Behou momentum - kry en hou elkeen betrokke
   - \+ Waarsku leerders dat hulle werk aan die einde gekontroleer sal word
   - \+ Aanspreeklikheid - kontroleer elke leerder se werk
4. *Tuisopdrag*
   - \+ Gee op 'n gereelde basis aan die einde van die les behalwe Vrydag
   - \+ Sluit ongeveer 15 minute se tuiswerk in
   - \+ Sluit een of twee hersieningsvrae in
5. *Spesiale hersiening*
   - \+ Weeklikse hersiening en onderhoud
     - Eerste 20 minute elke Maandag
     - Fokus op die begrippe en vaardighede van die afgelope week
   - \+ Maandelikse hersiening en onderhoud
     - Elke vierde Maandag
     - Fokus op die begrippe en vaardighede van die vorige vier weke (sedert die vorige maandelikse hersiening)

Rosenshine en Stevens (1986) het op grond van 'n ontleding van onderrigprogramme, soos die MMEP-program, en inligtingverwerkingsmodelle ses doeltreffende 'onderrigfunksies' geïdentifiseer en dit in die algemene 'direkte onderrigmodel' saamgevat (kyk Tabel 3.2 en Figuur 2.1). Dié model is veral van toepassing in die onderrig van vakke met 'goed gestruktureerde inhoude', soos wiskunde (Rosenshine & Stevens, 1986:377). Dit kan as 'n uitbreiding van 'aktiewe onderrig' beskou word en berus op die drie kernfunksies *aanbieding*, *begeleide inoefening* en *selfstandige inoefening* (kyk 2.3.1). Die mate waartoe die ses onderrigfunksies afsonderlik en in samehang toegepas word, bepaal die doeltreffendheid van die onderrig en die leer wat hiervolgens plaasvind.

Tabel 3.2 : Die Rosenshine-Stevensmodel vir doeltreffende onderrig (Rosenshine & Stevens, 1986:379)

1.	Daaglikse hersiening en nagaan van huiswerk
2.	Aanbieding
3.	Begeleide inoefening
4.	Korrigering en sistematiese terugvoer
5.	Onafhanklike inoefening ("seatwork")
6.	Weeklikse en maandelikse hersiening

Op die keper beskou, blyk dit dat 'aktiewe wiskundeonderrig' 'n *program*, sowel as 'n *verloopstruktuur* vir wiskundeonderrig daarstel. Volgens Rosenshine en Stevens (1986:378-379) bevorder dit inligtingverwerking by veral die stadige leerders deurdat dit *struktuur* en *ondersteuning* aan leerders bied (vergelyk ook Carpenter, 1985:58; Corno, 1988:185). Volgens Tobin (1986:199) skep dit ook geleentheid vir die ontwikkeling en ontplooiing van begrip, vermoëns en nie-kognitiewe bekwaamhede (vergelyk ook Carpenter, 1986; Corno, 1988; Gunter *et al.*, 1995). Soos Shuell (1990:541), stel Joyce *et al.* (1992:341) dat 'n direkte benadering in skoolwiskunde wel geskik is vir die leer van elementêre feite, reëls, en vaardighede.

Die werk van Cobb (1988), Davis (1984,1992) en Schoenfeld (1988,1992), waarna reeds telkemale verwys is, toon duidelik dat suksesprogramme nie in alle gevalle vir alle leerders duursame leerwins bring nie. Leerders se onvermoë om ingedrilde roetines in nuwe kontekste of probleemsituasies met bergrip toe te pas, ten spyte van die hoë mate van ondersteuning en struktuur wat deur die onderrig verskaf

word, dien as illustrasie hiervan (kyk 2.3.1). Dit mag selfs wees dat 'vinnige' leerders nie die hoë mate van ondersteuning en struktuur nodig het nie (Corno, 1988:185). Dan word daar ook meer as die leer van feite, reëls en vaardighede van leerders in skoolwiskunde verwag.

Daar word met Shulman (1986:10) saamgestem dat die onderwyser se kardinale rol ten opsigte van verduideliking, demonstrasie, beplanning, beheer, organisering, ensovoorts ten regte in aktiewe onderrig beklemtoon word. Evertson *et al.* (1980:54) argumenteer byvoorbeeld dat verduidelikings, demonstrasies en klasbesprekings wat deur die onderwyser geïnisieer en gelei word die grootste gedeelte van byna elke lesperiode in beslag neem. Hulle stel verder dat daar in die toepassing van die program gewaak moet word dat selfstandige werk ("seatwork") nie ten koste van aanbieding en klasbespreking opgedra word nie. Die onderrig bly dus egter steeds onderwyser-gesentreer en grootgroepgerig. Daarom word met Corno (1988:185) saamgestem dat die betrokkenheid van die onderriggewer tydens aktiewe wiskundeonderrig ten koste van dié van die *individuele* leerder beklemtoon word.

Die opleiding van onderwysers ten opsigte van veral die 'ontwikkelingsfunksies' (kyk Tabel 3.1) is moeilik haalbaar (Corno, 1988:183). Die gevaar dat die onderrig-*program* tot 'n onderrig*voorskrif* verhef word, word gevolglik groot. As onderwysers dan nog verder 'n statiese beskouing oor wiskunde huldig, kan 'n voorskriftelike inhoudoordragbeskouing oor en -benadering tot wiskundeonderrig die gevolg wees (kyk 2.3.1 en 3.4.1).

Aktiewe onderrig bied dus steeds nie 'die model' vir werklik doeltreffende wiskunde-onderrig nie. Daar moet egter met Gunter *et al.* (1995:79-80) en Borich (1988: 145-146) saamgestem word dat die program 'n belangrike bydrae ten opsigte van wesenlike determinante van doeltreffende wiskundeonderrig en -leer op skool gemaak het (kyk ook 2.4.4).

3.4.3 Prosesgerigte benaderings tot wiskundeonderrig

3.4.3.1 Oriëntering

In die moderne tegnologiese wêreld word 'n dringende eis aan onderwys met betrekking tot die verwerwing van hoë-orde leer- en denkvaardighede gestel. Caissey (1986:22-23) toon byvoorbeeld aan dat 'n moderne onderwysstelsel tot die bevrediging van behoeftes ten opsigte van probleemoplossing, kommunikasie en inligtinghantering behoort by te dra. Hiertoe stel Cohen (1993:792-795) dan ook

tereg dat 'n 'nuwe' onderwysstelsel deur holistiese doelstrukture, lewensrelevante leerinhoude en -geleenthede, asook geïntegreerde benaderings tot die kurrikulum, onderrig-leer en evaluering gekenmerk behoort te word (vergelyk ook Ridgway & Schoenfeld, 1994). Dit spreek vanself dat wiskunde binne sodanige stelsel 'n besondere bydrae te lewer het.

Op grond hiervan word met Brumbaugh *et al.* (1997:9-10) saamgestem dat direkte onderrigbenaderings, soos aktiewe wiskundeonderrig, alleen nie geskik is om die betekensivolle leer van skoolwiskunde te bemoontlik nie. Alternatiewe benaderings tot wiskundeonderrig het dan ook die afgelope sowat anderhalf dekade op die voorgrond getree. Hoewel hierdie benaderings vanuit verskillende en uiteenlopende teorieë oor onderrig, leer of kennis begrond word, speel probleemoplossing in "the learner's real world" 'n sentrale rol in elkeen (Cangelosi, 1996:49; vergelyk ook Ernest, 1991:282; Lappan & Ferrini-Mundy, 1993:631; Schoenfeld, 1992:334).

Enkele prominente eksemplare van die 'nuwe' benaderings tot wiskundeonderrig word vervolgens toegelig en ontleed.

3.4.3.2 Ondersoekgerigte wiskundeonderrig

Soos reeds gestel is een van die sterkste kritiekpunte teen tradisionele, sowel as aktiewe wiskundeonderrig dat leerders nie aktiewe deelnemers aan die onderrig-leergebeure is nie. Jerome Bruner (soos aangehaal deur Steyn, 1982:87) het al gesê:

> "The most personal of all that [man] knows is that which he has discovered for himself."

In aansluiting hierby was Richard Suchman oortuig dat "we learn best which intrigues and puzzles us" (Gunter *et al.*, 1995:159) en dat leerders "are naturally motivated to solve the puzzling events" waarmee hulle gekonfronteer word. (Joyce *et al.*, 1992:199). Gunter *et al.* (*ibid.*) stel verder dat sodanige 'natuurlike ondersoek-gereedheid' benut behoort te word om leergeleenthede te skep. Daarby kan leerders aan die hand hiervan in 'gedissiplineerde ondersoekprosedures' onderrig word (Joyce *et al.*, 1992:199).

Wiskundedidaktici het dan ook hulle aandag op strategieë wat selfaktiwiteit bevorder en voormelde geleenthede tot probleemoplossende ondersoek benut, gerig. Daar is na 'n benadering tot wiskundeonderrig gesoek wat *leerder*gesentreerd is en wat die betekenisvolle leer van wiskunde moontlik kon maak. Polya (1973:v)

het alreeds in sy baanbrekerswerk "How to solve it" die moontlikheid van sodanige benadering aangedui:

> "If [a teacher of mathematics] challenges the curiosity of his students *by setting them problems* proportionate to their knowledge, and *helps them to solve their problems* with stimulating questions, he may give them a taste for, and some means of, independent thinking." [Klem deur HDN.]

Soos vele wiskundedidaktici voor hulle, deel Kaur en Oon (1992:16) steeds Polya (1973:130) se oortuiging dat

> "[A] better understanding of the mental operations typically used in solving problems could exert some good influence on teaching, especially on the teaching of mathematics."

asook (*ibid.*:113):

> "The teaching of [mathematics] ... could be essentially improved if the nature of *heuristic reasoning* were better understood. ... A *heuristic argument* presented with taste and frankness may be useful: it may prepare for the rigorous argument of which it usually contains certain germs." [Klem deur HDN.]

'n Heuristiese of ondersoekgerigte benadering tot wiskundeonderrig is dus ingevoer in 'n poging om die beperkinge van tradisionele en aktiewe wiskundeonderrig uit die weg te ruim (Ford & Kuhs, 1991:313; James, 1990:11). Sodanige ondersoekgerigte wiskundeonderrig kan produkgerig in 'n direktiewe onderwysergesentreerde inhoudgerigte of prosesgerig in 'n nie-direktiewe leerdergesentreerde leergerigte konteks toegepas word (Joyce *et al.*, 1992:208). Dit bied natuurlik die moontlikheid dat ondersoekgerigte wiskundeonderrig in dieselfde slaggate as ander produkgerigte onderrigbenaderings kan beland. Daarteenoor kan dit egter ook benut word om betekenisvolle leer te bevorder.

Vroeër is gemeld dat tradisionele skoolwiskundeonderrig grootgroepgerig is en dat die behoeftes van die individuele leerder gevolglik nie behoorlik aandag kry nie. Dit lei weer tot hoë vlakke van wiskundeangs, negatiewe houdings teenoor skoolwiskunde en die leer daarvan, asook leerhindernisse en swak leerresultate (Gierl & Bisanz, 1995:139). Daarby word wiskundeonderwysers in elke klas met 'n wye verskeidenheid van individuele verskille tussen leerders gekonfronteer. Verder word

daar ook nog verwag dat leerders metakognitief by hulle eie leer betrokke sal raak (Garofalo, 1987:48; Schoenfeld, 1992:355). Gevolglik word die toepassing van ondersoekgerigte wiskundeonderrig in 'n nie-direktiewe leergesentreerde konteks, eerder as in 'n direkte onderwysergesentreerde konteks, voorgestaan.

Polya se klassieke heuristiese model vir probleemoplossing vorm die basis vir ondersoekgerigte wiskundeonderrig. Hiervolgens verloop wiskundige ondersoek in die volgende vier fases (Polya, 1973:5-6):

1. *Verstaan die probleem*

   Tydens hierdie fase word seker gemaak dat die leerder presies weet wat die ware probleem is, watter inligting bekend is, wat onbekend is en aan watter voorwaardes voldoen moet word. Uiteraard speel die onderwyser 'n leidende rol in hierdie fase.

2. *Maak 'n plan*

   Die probleem word met die bekende inligting in verband gebring en 'n plan waarvolgens die probleem moontlik opgelos kan word, word beraam. Hiertoe kan verskillende strategieë oorweeg, aangewend en gekombineer word. Hierin speel die onderwyser 'n fasiliterende en begeleidende rol deur veral van vraagstelling gebruik te maak.

3. *Voer die plan uit*

   Die plan word in werking gestel terwyl elke stap sorgvuldig oorweeg en gekontroleer word. Die onderwyser speel nou hoofsaaklik 'n ondersteunende en adviserende rol.

4. *Toets die oplossing*

   Die verkreë oplossing(s) word noukeurig ondersoek en die geldigheid en geskiktheid daarvan word getoets en gekontroleer. Alternatiewe oplossing-strategieë vir die betrokke probleem word ook nou oorweeg, terwyl die gekose plan se bruikbaarheid in ander omstandighede ook oorweeg word. In hierdie fase tree die onderwyser as kritikus en bestuurder op.

Good, Mulryan en McCaslin (1992:167), soos Corno (1988:192), dui tereg aan dat koöperatiewe leergeleenthede besondere moontlikhede met betrekking tot die oplos van voormelde probleme van produkgerigte onderrigbenaderings bied. Sodanige koöperatiewe leergeleenthede verloop in die praktyk essensieel aan die hand van die oplos van geskikte probleme (Artzt & Newman, 1990:448). Hieruit blyk ook nou

duidelik waarom ondersoekgerigte wiskundeonderrig gewoonlik hand aan hand gaan met koöperatiewe leer en kleingroepaktiwiteite.

Vir die doeleindes van hierdie ondersoek word op twee modelle vir ondersoekgerigte wiskundeonderrig, waarin koöperatiewe probleemoplossing 'n sentrale rol speel, gefokus. Die eerste hiervan, naamlik die Suchmanmodel, word in Tabel 3.3 voorgestel en daarna toegelig.

Tabel 3.3 : Die Suchman-ondersoekmodel (Gunter *et al.*, 1995:158-163)

1. Die onderwyser kies vooraf 'n probleemstelling of -situasie en stel eers self ondersoek daarna in.
2. Ten aanvang van die les verduidelik die onderwyser die onderrig-leerproses wat gevolg word aan die klas. Tydens die lesgebeure bly die onderwyser in beheer van die proses, maar nie van die uitkoms daarvan nie.
3. Die leerders werk individueel of in koöperatiewe verband en stel hipoteses en vra vrae om inligting in te samel en te kontroleer met die oog daarop om die probleem te kan oplos. Die onderwyser speel 'n begeleidende of 'n leidende rol.
4. Die leerders werk weereens individueel of koöperatief aan die verifiëring van hipoteses, die formulering van teorieë wat as tentatiewe oplossings kan dien, asook die beskrywing van moontlike verbande, oorsaaklik en andersins. Die onderwyser tree as begeleier of leier op.
5. Leerders moet nou hulle teorieë as tentatiewe oplossings verduidelik, sowel as die 'reëls' wat in die teorie geld. Hulle moet ook vasstel hoe die teorie geverifieer kan word en of dit vir gebruik in ander omstandighede veralgemeen of aangepas kan word. Die onderwyser tree as gesprekleier en -fasiliteerder op.
6. Leerders ontleed en evalueer die proses wat gevolg word as geheel, sowel as die elemente daarvan, onder leiding van die onderwyser.

In navolging van Suchman wys Joyce *et al.* (1992:199) daarop dat dit van uiterste belang is dat leerders toenemend van hulle eie ondersoekproses en denke bewus behoort te raak. Verder behoort hulle daartoe gelei te word om te besef dat alle kennis tentatief is en dat die proses van groter belang as die produkte daarvan is. Hiervolgens wil dit voorkom of hierdie benadering leerdergesentreerd en leergerig,

eerder as onderwysergesentreerd en inhoudgerig kan wees. Uit Tabel 3.3 blyk dit egter dat dit eweneens moontlik is dat die onderwyser in hierdie model sodanig op die voorgrond kan tree dat die onderrig-leer in 'n onderwyser-gesentreerde direkte onderrigkonteks, eerder as 'n leerdergesentreerde selfontdekkende konteks kan plaasvind. Dit sou die voordele van 'n ondersoekgerigte benadering tot wiskunde-onderrig bo produkgerigte benaderings grootliks uitwis, soos Polya (1973:v) dit treffend stel:

> "Thus, a teacher of mathematics has a great opportunity. If he fills his allotted time with drilling his students in routine operations he kills their interest, hampers their intellectual development, and misuses his opportunity."

In die lig hiervan word met Orton (1987:83) saamgestem dat ondersoeke en ontdekkings verskillend geklassifiseer kan word. Die spektrum van 'bruikbare' ontdekkings het aan die een uiterste, *toevallige ontdekking* waaroor daar weinig, indien enige beheer is; gevolglik kan daar nie daarvoor beplan word in enige onderrig-leerprogram nie. Aan die ander uiterste, kan *geprogrammeerde ontdekking* geplaas word, waar die onderwyser sodanige beheer toepas dat daar net sprake van ontdekking kan wees, indien die ondersoekaktiwiteite byvoorbeeld sodanig aan die hand van 'n werkkaart 'geprogrammeer' word dat leer wel kan plaasvind. Tussen die twee pole kan *vrye en eksploratiewe*, *begeleide* en *gerigte* ontdekking in onderrig-leersituasies geplaas word. Die onderwyser dra die verantwoordelikheid om in die spesifieke omstandighede die geskikste keuse van ondersoek- en ontdekkingskonteks te maak (Garlikov, 1995).

Dit is moontlik dat daar oor die vraag, of daar in al die genoemde gevalle werklik sprake van ontdekking is, verskil van mening mag bestaan. Orton (1987:82) dring egter tot die kern van die saak deur as hy stel:

> "There is a certain vagueness about terms such as 'discovery', 'investigation' and 'problem-solving' which really does not matter all that much. It is the *spirit of active rather than passive education* which is at the heart of this issue and which is now considered important, not exact definition of certain word which we use." [Klem deur HDN.]

Garlikov (1995) voeg ten regte hiertoe by:

> "But for discovery to work for students, it must itself be *important or meaningful discovery to them*. Not just any discovery or problem will

'grip' or excite students in a way that makes whatever they come up with memorable, meaningful interesting, or even reasonable or correct." [Klem deur HDN.]

Kontemporêre eksponente van ondersoekgerigte wiskundeonderrig neem pertinent standpunt teen produkgerigte ondersoekaktiwiteite in (James, 1990:11). Ford en Kuhs (1991:313) beklemtoon dat ondersoeke in wiskunde op leerders se intuïtiewe begripprosesse en probleemoplossingstrategieë gerig moet wees. James (1990:11) stel dat dit nie op die demonstrasie van vaardighede en die kry van regte antwoorde gerig moet wees nie, maar op die denkprosesse van leerders. Probleemsituasies wat deur die leerders opgelos kan en wil word, behoort hierin 'n sentrale rol te speel. Hiertoe is die denkprosesse wat in Tabel 3.4 aangedui word van kardinale belang (James, 1990:12-13). Die ooreenkomste in die struktuur van die denkprosesse met dié in die Polya-model word deur die probleemoplossinggerigtheid van die prosesse verklaar. Orton se voormelde uitgangspunt oor ontdekking, ondersoek en probleem-oplossing kan egter as 'n bruikbare riglyn vir wiskundeonderwysers dien.

Tabel 3.4 : Denkprossese betrokke by wiskundige ondersoeke (James, 1990:13)

1. *Spesialisering*
   Dit is op die ondersoek van spesifieke of spesiale gevalle gerig.
2. *Selfvertroue*
   Deur spesialisering raak leerders met die besonderhede van die afsonderlike gevalle vertroud en verkry hulle sodoende selfvertroue om met die ondersoekproses voort te kan gaan.
3. *Gewaarwording van algemeenhede*
   Leerders word bewus van eendershede wat by afsonderlike gevalle voorkom en tentatiewe hipoteses begin vorm.
4. *Uitdrukking van algemeenhede*
   Die gewaarwording van eendershede word geartikuleer en hipoteses word in eie woorde gestel.
5. *Verifiëring en oortuiging*
   Die hipoteses word getoets en leerders word oortuig dat die waargenome eendershede in werklikheid algemene eienskappe aandui.

In die lig van die voormelde uitgangspunte stel James (1990:13-14) 'n tweede model vir ondersoekgerigte wiskundeonderrig voor; koöperatiewe probleemoplossing speel ook hierin 'n sentrale rol. Dié model bestaan uit 'n 'doen-praat'-komponent en 'n 'rekordeer'-komponent (kyk Tabel 3.5).

Tabel 3.5 : Die James-model vir ondersoekgerigte wiskundeonderrig (James, 1990:13)

- *Doen-praat*
  - + Leerders voer praktiese take uit en verduidelik dit in hulle eie woorde om 'hardop-dink' met eie handelinge te verbind
  - + Die onderwyser voer die terminologie in wat hulle nodig het om oor dit wat hulle doen te kan praat

sodat hulle kan

- *Rekordeer*
  - + Leerders verduidelik hulle denke aan ander sodat ander dit kan verstaan
  - + Hulle demonstreer hulle kognitiewe voorstellings met voorwerpe of aan die hand van eie sketse en diagramme
  - + Hulle maak opeenvolgende voorstellings of 'afkortings' van die proses wat hulle gebruik het om konkrete ervaring met abstrakte simbole te verbind
  - + Hulle begryp en aanvaar die betekenis en relevansie van standaardnotasies

met die gevolg

- *Inoefening en konsolidering*
  - + Leerders gebruik die handboek en oefen dit wat hulle geleer het tot op die verlangde vlak van bemeestering en akkuraatheid

en

- *Gebruik van konsepte in probleemoplossing*
  - + Leerders snap die bruikbaarheid en nuttigheid van die aangeleerde begrippe en vaardighede

Die belang van die konteks waarbinne onderrig plaasvind in die algemeen is reeds in hoofstuk 2 (kyk 2.2.3.3 en 2.4.3.7) beredeneer. Die bespreking tot dusver in in hierdie hoofstuk toon die belang hiervan in die besonder vir skoolwiskundeonderrig aan. 'n Voorskriftelike oordragkonteks is onderwysergesentreerd en as sodanig kan

dit betekenisvolle leer van wiskunde inhibeer, terwyl die teendeel vir 'n interaktiewe leerdergesentreerde en leerbemoontlikingskonteks, soos ondersoekgerigte skoolwiskundeonderrig, kan geld.

In lyn met wat in die James-model (kyk Tabel 3.5) met betrekking tot die onderrigkonteks gesuggereer word, voer Ford en Kuhs (1991:315-316) aan dat daar aan die volgende voorwaardes voldoen moet word ten einde suksesvolle wiskundige ondersoek moontlik te maak:

- Manipulatiewe materiaal en media moet beskikbaar wees vir gebruik na behoefte deur die leerders, aangesien dit die verstaan, hantering en artikulasie van andersins abstrakte idees bevorder.
- Die taal en terminologie wat gebruik word, moet kongruent met die taalvermoë van die betrokke leerders wees, aangesien hulle instaat moet wees om hulle denke en gedagtes betekenisvol te kan formuleer en met mekaar te deel.
- 'n Oop en uitnodigende atmosfeer behoort gehandhaaf te word waarin wiskundige ondersoeke uitgevoer word, aangesien dit 'n veilige hawe vir divergente denke, kreatiwiteit en waagmoed bied.

Joyce *et al.* (1992:209) kom tereg tot die slotsom dat ondersoekgerigte onderrig die bemeestering van die 'wetenskaplike proses' en die aanleer van kreatiewe ondersoek- en probleemoplossingstrategieë kan bevorder, terwyl dit ook 'n vormende invloed ten opsigte van algemene kreatiwiteit, leeroutonomie, verdraagsaamheid teenoor veelsinnigheid ("ambiguity") en begrip vir die tentatiewe karakter van kennis kan hê. 'n Nodige, maar onvoldoende voorwaarde is egter dat die onderrig in die 'regte' konteks moet plaasvind.

Die volgende waarskuwende woorde van Garlikov (1995) behoort egter deur wiskundeonderwysers, sowel as navorsers in gedagte gehou te word - in ondersoekgerigte wiskundeonderrig, maar ook in ander kontekste van onderrig-leer. Hy stel naamlik:

> "... students won't always remember things they discover for themselves or create for themselves. ... after a while of not doing math ... much of that material has left [the students]; and though some of it [they] can figure out again, much of it [they] cannot figure out again

> because [they] have forgotten not only it, but too much of the stuff [they] used to know that led up to being able to figure it out."

en vervolg met:

> "And ... students cannot discover everything themselves; discovery is inefficient 'teaching' in many cases because it requires too much to begin with in order to make the desired discovery. There is good reason it takes thousands of people dozens of centuries to make the discoveries civilization has; and it is ludicrous to think every student can or will recreate those discoveries - as self-discoveries - on his or her own .."

asook:

> "I think it is an important and reachable goal to want students to understand concepts and information in a meaningful way, and to discover that meaning in the things they are taught or presented with; but that is very different from simply discovering everything they learn; and it is different from coming up with 'meaning' that they do not really make any sense."

Die aandag word vervolgens op 'n verdere aantal benaderings tot skoolwiskunde-onderrig, wat op 'n spesifieke leerbemiddelingskonteks gebaseer is, gerig.

3.4.3.3 Konstruktivistiese benaderings

As 'n teorie het konstruktivisme wesenlik met die *ken-handeling* te make en nie as sodanig met leer en onderrig, in die algemeen, of van wiskunde, in die besonder, nie (Cobb, 1994b:13; Olssen, 1996:276); in die woorde van een van die grondleggers daarvan, Ernest von Glasersfeld (1991:xix):

> "Radical constructivism ... is a theory of *active knowing*, rather than a traditional theory of knowledge or epistomology. From this standpoint ... *knowledge serves to organize experience*, not to depict or represent an experiencer-independent reality. ... [It] claims ... that individuals organize their experience in their own subjective ways." [Klem soos in oorspronklike bron.]

Cobb (1994a:4) wys verder daarop dat konstruktivisme dikwels ten onregte gereduseer word tot 'n teorie wat eensydig op die standpunt, dat 'leerders hulle eie kennis konstrueer', gebou is. Bereiter (1994:21) dui egter ten regte aan dat hierdie

standpunt as sodanig nie vals is nie. Bepaalde probleme ontstaan egter wanneer verskillende teorieë oor die onderrig en leer van skoolwiskunde direk daaruit afgelei word. Die leerder se 'eie konstruksiewyses' kan byvoorbeeld op grond hiervan ten koste van erkende wyses van wiskundige kenhandelinge verhef word. Dit kan weer daartoe lei dat die onderwyser se rol bloot tot die fasilitering van leerders se ondersoek- en eksplorasiehandelinge, ten koste van sy/haar 'proaktiewe ondersteuning' van die leerder se wiskundige ontwikkeling, vereng word (Cobb, 1994a:4).

Binne die konstruktivistiese denkskool oor wiskundeonderwys kom nuanseverskille voor. Confrey (1993:3) maak onderskeid tussen *sosiale konstruktivisme* en *radikale konstruktivisme*. In eersgenoemde geval word die leerders se aktiewe deelname in die opbou van begrippe beklemtoon. Onderrighandelinge is daarop gerig om wiskundige idees in leerders te reproduseer deur 'n proses van onderhandeling en interaksie wat op leerders se verskillende strategieë gebaseer is. Hierin word gesuggereer dat kennis met 'epistemologiese sekerheid' deur bemiddeling van eksterne invloede verwerf kan word. Radikale konstruktiviste verwerp hierdie aanspraak op epistemologiese sekerheid en vertrek vanuit die leerder se aktiewe, dog subjektiewe en relatiewe kenhandelinge in die onderrig-leersituasie (Olssen, 1996:276-277; vergelyk ook Von Glasersfeld se voormelde standpunte).

Daar kan met Bereiter (1994:21) saamgestem word dat daar in die wiskundeklas met die kognitiewe handelinge van leerders, sowel as sosiaal-kulturele invloede daarop, rekening gehou moet word. Hierdie onderskeiding lei egter tot 'n verdere nuanse in die breë konstruktivistiese kader. Enersyds is daar diegene, wat in navolging van Piaget, die klem meer op die ontwikkeling van die kognitiewe strukture en denkhandelinge wat leer ten grondslag lê, plaas (Von Glasersfeld, 1991:xv, xviii-xix). Hulle staan dan ook 'n benadering tot skoolwiskundeonderrig voor wat op die bemiddeling van die ontwikkeling van hierdie strukture en handelinge gerig is. Cobb (1994b:14) noem hierdie nuanse 'n 'psigologiese variant' van konstruktivisme.

In navolging van Vygotsky benader ander weer die onderrig en leer van skoolwiskunde vanuit 'n sosiaal-kulturele hoek (Cobb, 1994b:14). Hiervolgens speel sosiale interaksie met meer kundiges in die sone van proksimale ontwikkeling, asook kultureel-bepaalde betekenisstelsels as psigologiese denk-gereedskap, 'n sentrale rol in die leer van skoolwiskunde (Bauersfeld, 1988:39; Taylor, 1993:3). 'n Onderrigbenadering wat op sosiale interaksie en die gebruik van kultureel-bepaalde betekenisstelsels gebaseer is, word dan ook deur die 'sosiaal-kulturaliste' of 'interaksioniste' voorgestaan (kyk 2.2.3.2 en 2.2.3.3).

In die lig van die pleidooi ten gunste van 'n begronde hibriede kennisgeheel (kyk 1.2 en 2.1) word met Cobb (1994b:19) en Bereiter (1994:21) saamgestem dat die nuanses nie as alternatiewe teenoor mekaar gestel behoort te word nie, maar eerder as kompleterend tot mekaar beskou behoort te word. Die wyses waarop die verskillende perspektiewe lig werp op benaderings tot onderrig wat betekenisvolle leer van wiskunde met begrip moontlik maak, behoort eerder ondersoek te word. Konstruktiviste is dit eens dat *aktiwiteit*, *taal* (dit wil sê inter- en intra-persoonlike kommunikasie) en die stel van probleemsituasies wat kongruent met leerders se ervaringswerklikheid is, 'n sentrale rol in die leer van wiskunde speel (Cobb, 1994b: 14). Die konstruktivistiese tradisie het dan ook ongetwyfeld 'n besondere bydrae tot doeltreffende wiskundeonderrig op skool gemaak: dit het moontlikhede tot die benutting van betekenisvolle leerderaktiwiteit binne 'n interaktiewe sosiaal-kulturele onderrig- en leerkonteks aangedui en ontwikkel.

In die verrekening van hierdie bydrae moet die beperkinge van die konstruktivistiese agenda egter deurentyd in gedagte gehou word. In aansluiting by Confrey (1993:9) en Sutherland (1989:100-102) word met die volgende drie beperkinge volstaan (vergelyk ook Olssen, 1996):

- Sommige konstruktiviste huldig 'n inkrementele beskouing oor kenniskonstruksie wat aan die hiërargiese behavioristiese leerbeskouing herinner. Die feit dat die oorwig navorsing in hierdie tradisie op die vroeë skoolfase, waar kenniskonstruksie wel 'n definitiewe inkrementele karakter toon, gerig is, het moontlik hiertoe bygedra.
- Die outonomie van die individuele leerder word tot so 'n mate in konstruktivistiese navorsing beklemtoon dat 'n verskeidenheid leerderstrategieë en -metodes gedokumenteer is, maar leer- en leerderverskille kon nie sistematies verklaar word nie. Doeltreffende besluitneming tot die voordeel van onderrig-leer deur die onderwyser word gevolglik gekortwiek.
- Konstruktivisme gaan mank aan 'n onderrigteorie, wat volgens Sternberg (1986:378) die enkele grootste oorsaak van onderrig-leerproblematiek is (kyk 1.1). In 'konstruktivistiese klaskamers' word leerders toegelaat en aangemoedig om hulle denke, beskouings en werkwyses vryelik te artikuleer en te verduidelik. Die onderwysers is egter nie daartoe in staat om die verskeidenheid van diverse leerderidees te hanteer of te benut nie. Hulle is eerder van mening dat hulle nie 'toegelaat' word om op enige manier in die klasgesprek

en die leerproses in te gryp nie, selfs nie met deskundige raad nie. Gevolglik kan die onderrig-leergebeure in sodanige klaskamers rigtingloos en sonder voldoende vordering verloop.

In die lig van voormelde beperkinge en op grond van Schoenfeld (1992) se oorsig oor probleemoplossing in wiskunde en wiskundeonderwys, word hier ten slotte teen die moontlikheid van 'n verdere beperking gewaarsku, naamlik:

- Konstruktivistiese navorsers, onderwysers en kurrikuleerders kan moontlik so leerdergerig en nie-inhoudgerig wees, dat hulle probleemoplossing *slegs* as konteks vir betekenisvolle leer kan aanvaar. Dit sou beteken dat hulle werklike probleemoplossing, wat die 'hart' of wese van wiskunde is, vanuit 'n beperkende perspektief benader (Schoenfeld, 1992:338). Dit sou nie in die belang van skoolonderwys, in die algemeen, en van *wiskunde*onderwys of die wiskundeleerders, in die besonder, wees nie.

Die konstruktivisme het vir die doeleindes van hierdie ondersoek betekenis na die mate waarin dit prosesgerigte benaderings tot wiskundeonderrig beïnvloed en rig. Gevolglik is daar slegs op die wesenstrekke van die konstruktivistiese teorie gefokus en nie op spesifieke besonderhede van 'n konstruktivistiese onderrig-benadering nie. Vervolgens word 'n aantal kontemporêre benaderings tot wiskunde-onderrig gerig, wat tot 'n mindere of meerdere mate deur die konstruktivistiese teorie beïnvloed word of wat daarmee 'in gesprek tree', ontleed.

3.4.3.4 Probleemgesentreerde wiskundeonderrig

'n Nuwe benadering tot wiskundeonderrig wat uitsluitlik om probleemoplossing as onderrig- en leerkonteks gesentreer is, het in die tagtigerjare tot stand gekom. Die sogenaamde *probleemgesentreerde benadering* (PGB) word sterk deur veral die sosiaal-konstruktivistiese denke gerig, maar moet van die radikaal-konstruktivistiese benadering onderskei word (Lester, 1994:608). Murray, Olivier en Human (1993) stel die kern van die PGB soos volg:

> "In a problem-centred learning approach compatible with a constructivist view of knowledge and learning, social interaction among students and the attempts by students to make sense of their own and each other's constructions lead to the development of shared meanings and to indvidual students' constructions of increasingly sophisticated concepts and procedures."

Die PGB het plek-plek in Suid-Afrika as alternatief vir tradisionele wiskundeonderrig inslag gevind, hoofsaaklik deur die pionierswerk van Human en medewerkers van die Eenheid vir Navorsing oor Wiskundeonderwys aan die Universiteit van Stellenbosch (ENWOUS) (vergelyk byvoorbeeld Human, Murray & Olivier, 1989 & 1992). Pogings is dan ook reeds sedert 1991 aangewend om die PGB in primêre skole onder beheer van die ex-Volksraad onderwysdepartemente in te voer; verder word in die 'Interim Wiskundesillabusse' van die nasionale Departement van Opvoeding (1995) gesuggereer dat 'n benadering soortgelyk aan die PGB in Suid-Afrikaanse skole gevolg behoort te word. Verder staan probleemoplossing as onderrig-leerkonteks ook in die sentrum van die uitkomsgebaseerde *Kurrikulum 2005*, wat met ingang van 1998 in Suid-Afrikaanse skole ingevoer word (Nasionale Departement van Onderwys, 1996). In die lig hiervan word daar in hierdie gedeelte ook aan praktiese besonderhede van die PGB aandag gegee. Verder word die spanningsveld tussen hierdie twee opponerende benaderings ook in besonderhede beskou.

Die PGB stel 'n definitiewe 'eie' program vir die onderrig en leer van skoolwiskunde daar wat op die bereiking van die volgende twee kenmerkende langtermyndoelstellings gemik is (Human, Murray, Olivier & du Toit, 1993:ii):

- Om probleemoplossingsvaardighede ten opsigte van roetine, sowel as nie-roetine werklike situasies in 'n wiskundige raamwerk te ontwikkel.
- Om probleemoplossing as 'n leertipe te gebruik ten einde leerders in staat te stel om te leer om probleme op te los.

Ten einde hierdie breë doelstellings te bereik, is die PGB in die besonder op die verwerwing van wiskundige kennis en vaardigheid gemik, asook op die ontwikkeling van leerders se vermoë om wiskundige idees te verstaan, om probleme op te los en om doeltreffend in en deur wiskunde te kommunikeer. Daarby word getrag om leerders se intellektuele outonomie te bevorder en om tot 'n positiewe selfbeeld van die leerder in die algemeen, en as wiskundeleerder in die besonder, by te dra. Ten slotte, is die fokus ook op die ontwikkeling van 'n perspektief dat skoolwiskunde betekenisvol en van waarde is.

Hierdie mikpunte van die PGB verskil oënskynlik nie veel van dit wat ook deur produkgerigte benaderings nagestreef word nie. Die wesenlike verskil is egter in die *konteks* waarbinne die onderrig en leer plaasvind, geleë. Waar produkgerigte benaderings inhoudgerig en onderwyser-gesentreer is, word *probleemoplossing* in die PGB as die konteks waarbinne die onderrig en leer van wiskunde op skool

behoort plaas te vind, beskou. In die PGB word probleemoplosing dus nie alleen as 'n doel beskou nie, maar tegelyk ook as die middel tot die bereiking van daardie doel. Dit is ook duidelik dat die PGB op die bemoontliking van die betekenisvolle leer van wiskunde met begrip gerig is en leerdergesentreer is.

Benewens probleemoplossing neem sosiale interaksie 'n sentrale plek in die PGB in. In navolging van die sosiaal-konstruktivisme of sosiaal-kulturalisme (vergelyk Cobb, 1994b) stel Murray *et al.* (1993) dat sosiale interaksie om die volgende redes vir probleemgesentreerde wiskundeonderrig op skool onontbeerlik is:

- Dit skep vir leerders geleentheid om oor hulle denke te praat en as sodanig bevorder dit metakognisie en reflektiewe denke.
- Leerders leer nie net deur hulle eie konstruksies nie, maar ook van ander leerders.
- Sosiale interaksie in die klaskamer bevorder ook die wisselwerking tussen die leerders en die onderwyser.

Dit word algemeen aanvaar dat doeltreffende kommunikasie in enige onderrig-leersituasie van kernbelang is. In die lig van voormelde redes is dit nou duidelik waarom 'saam-leer' en koöperatiewe probleemoplossing hoekstene van die PGB is. Dit verklaar dan ook Murray *et al.* (1993) se bevinding dat leerders in PG-wiskunde-klasse verkies om eerder met mede-leerders, wat op min of meer dieselfde bekwaamheidsvlak verkeer, saam te werk, as met leerders wat op 'n hoër of laer vlak verkeer. Laasgenoemde dra waarskynlik by tot die anti-tradisionele, en eg-konstruktivistiese, oortuiging onder PGB-eksponente dat onderwysers nie eksplisiet begeleidend met betrekking tot die leer- en ontdekkingshandelinge van wiskunde-leerders mag optree nie.

Daar is egter ook verdere verskille met die tradisionele oordragbenaderings tot skoolwiskundeonderrig. Ten eerste word leerders steeds in die PGB aan die 'standaardalgoritmes' bekendgestel, maar daar word nie slegs op die bereiking van 'n hoëvlak spoed en akkuraatheid in die meganistiese toepassing daarvan volstaan nie. Leerders word naamlik nie-voorskriftelik toegelaat om aktief-denkend met 'eie' bewerkingsprosedures te eksperimenteer om sodoende tot begrip van die 'logika' van verskillende bewerkingstrategieë te kan kom (Human, 1993). Die PGB fokus dus nie slegs op bewerkingsvaardigheid ('weet-hoe') nie, maar ook op die 'weet-hoekom'-, sowel as die 'weet-wanneer'-aspekte van bewerkings.

Ten tweede, wys die PGB in tipies konstruktivistiese tradisie enige vorm van voorskriftelike ingryping deur die onderwyser af (Human, 1993). Human *et al.* (1993:vii) stel byvoorbeeld dat onderwysers nie wenke soos "Probeer ..." of "Dink aan wat ons gister gedoen het" moet gee nie, maar eerder behoort te verseker dat die leerders die taak of probleem wel goed verstaan. Die onderwyser moet dus nie probeer om die leerders te help om die probleem op te los nie, maar behoort eerder te probeer om hulle gesindheid teenoor en benadering tot die probleem 'positief' te beïnvloed. Die leermodus is dus *self*-ontdekking en enige vorm van begeleide of gerigte ontdekking soos in die James-model, word beslis afgewys (kyk 3.4.3.2). Human (1993) vat hierdie vertrekpunt soos volg saam:

> "In die [PGB] besluit leerlinge self watter rekenmetodes om te gebruik - die leerkrag skryf geen metodes voor nie, doen selfs nie metodes aan die hand nie en demonstreer geen rekenmetodes aan leerlinge nie. Die doel hiermee is ... dat hulle rekenmetodes moet verstaan vir wat dit werklik is: logiese konstruksies wat verstaan kan en behoort te word. ... [Elke] leerling [word] toegelaat om slegs rekenmetodes te gebruik wat hy/sy goed verstaan, en om met behoud van begrip en keusevryheid (outonomie) meer elegante en gesofistikeerde metodes te gebruik."

Dit impliseer dat wiskundeonderwysers in staat moet wees om toepaslike maatreëls te antisipeer en te implementeer om die beperkings en slaggate van 'toevallige' ontdekking teen te werk (kyk 3.4.3.2; vergelyk ook Orton (1987:83 e.v.) se argument in hierdie verband).

Wat die probleme wat opgelos moet word betref, toon die PGB ook wesenlike verskille met die tradisionele oordragbenadering tot skoolwiskundeonderrig. In die tradisionele wiskundeklaskamer volg leerders gedemonstreerde prosedures na om uiteindelik roetineprobleme met gemak en akkuraat te kan oplos. Die oplossing berus dikwels bloot op die keuse van die 'regte' bewerking(s). Hierdie probleme word ook in dieselfde konteks of formaat aan leerders gestel as waarin die onderwyser dit in die eerste plek aan hulle verduidelik het. 'n Elementêre voorbeeld ter illustrasie is gepas:

'n Elementêre bewerkingsprobleem soos: "*Pieter het agtien albasters en kry nog dertien by, maar verloor weer sewe. Hoeveel albasters het hy nou?*" word byvoorbeeld in een of albei van die volgende kontekste of formate verduidelik en dan word van leerders verwag om soortgelyke probleme in dieselfde konteks op te los.

Konteks 1: Fase 1:

$$\begin{array}{r} 18 \\ +\ 13 \\ \hline 31 \end{array}$$

Fase 2:

$$\begin{array}{r} 31 \\ -\ 7 \\ \hline 24 \end{array}$$

Fase 3: Pieter het nou 24 albasters.

Konteks 2:

Fase 1: $18 + 13 = 31$

Fase 2: $31 - 7 = 24$

Fase 3: Pieter het nou 24 albasters.

Daarteenoor leer leerders wiskunde in die PGB, in navolging van die konstruktivistiese tradisie, aan die hand van sorgvuldig gekose take of nie-roetineprobleme. Die probleme word op werklike ervarings- of leefwêreldsituasies, wat vir die leerders relevant is, gebaseer. Dieselfde 'albaster'-probleem sal ook aan die leerders gestel word, maar hulle sal op geen ander manier as van mekaar hulp kry oor *hoe* om die probleem op te los nie. Daar word egter van hulle verwag om aan mekaar, sowel as die onderwyser te verduidelik *hoe* hulle die probleem opgelos het en *waarom* hulle dit so gedoen het.

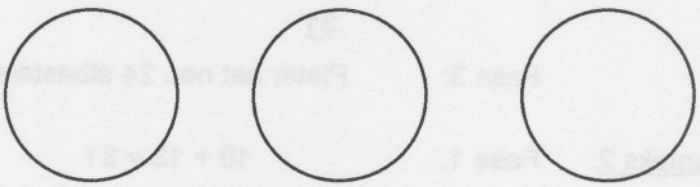
Ter wille van duidelikheid word die 'eie' werkswyse wat binne die PGB-program gevolg word, vervolgens aan die hand van konkrete situasies geïllustreer. Kontraste en verskille met die tradisionele werkswyses word ook in elke geval aangedui. Die eerste voorbeeld handel oor bewerkings met breuke wat in die primêre skool ingevoer word:

> Die situasie in Tabel 3.6 word aan leerders gestel en van hulle word verwag om die daaropvolgende vrae na aanleiding daarvan, te beantwoord en om aan te toon hoe daar by die oplossings uitgekom is (na Cobb & Yackel, 1994).

Tabel 3.6 : 'n Werkkaart vir gebruik by die onderrig van breuke (Cobb & Yackel, 1994)

Verskillende groepe mense kom na "Pizza's" toe vir aandete. Wys elke keer hoe die pizzas by elke tafel gedeel word.

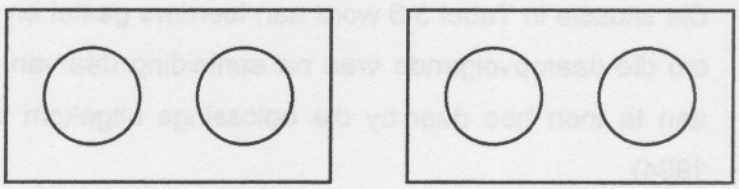
1. 8 vriende sit by dieselfde tafel en bestel 3 pizzas om gelykop te deel. Hoeveel kry elkeen?



2. Nadat hulle die eerste 3 pizzas geëet het, bestel hulle nog een om gelykop te deel. Hoeveel kry elkeen hiervan ?

3. Hoeveel pizza het elkeen in totaal vir aandete gekry?

4. 'n Tweede groep van 8 vriende sit by twee tafels. Daar sit 4 persone by elke tafel en elke groep bestel 2 pizzas om gelykop te deel. Hoeveel pizza kry elke persoon vir aandete?



Uit die sekwens van probleme is dit duidelik dat die leerders self kan besluit oor die wyse waarop die probleem opgelos word, maar die fokus bly op die

spesifieke begrippe wat geleer en gebruik moet word en op die leerder se intellektuele outonomie. Daarby kom die verskillende begrippe in 'n 'natuurlike' werklikheidsgetroue kombinasie na vore.

By wyse van inoefening kan die vorige probleemsekwens dan met die volgende sekwens wat op 'n soortgelyke werkkaart gestel word, opgevolg word:

1. 12 vriende sit by dieselfde tafel en bestel 6 pizzas om gelykop te deel. Hoeveel kry elkeen?
2. Nadat hulle die eerste 6 pizzas opgeëet het, bestel hulle nog 2 om gelykop te deel. Hoeveel kry elkeen hiervan?
3. Hoeveel pizza het elkeen vir aandete gehad?
4. By 'n ander tafel eet 6 persone 4 klein pizzas wat gelykop gedeel word. Hoeveel kry elkeen hiervan?

Hieruit blyk duidelik dat die leerders soos in die tradisionele werkswyse geleentheid gegee word om die 'nuwe' begrippe in soortgelyke omstandighede in te oefen en te gebruik. In hierdie geval is die twee situasies egter nie *identies* nie, maar word verwante, dog nuwe eise aan die leerder gestel. Gevolglik word die *proses*, sowel as die *gehalte* van die begripsvorming (leer) en van die leerders se vlak van intellektuele outonomie, eerder as hulle vermoë om na te volg en te reproduseer, geoefen en getoets.

'n Tweede voorbeeld oor dieselfde onderwerp dien ter verdere illustrasie en toeligting:

Ervaring toon dat leerders besondere probleme met die deelbewerking by breuke ervaar (kyk 1.1; vergelyk ook Barnard, 1989). Tradisioneel word leerders stapsgewys aan die hand van 'n toenemend komplekse sekwens na die standaardalgoritme gelei, waarna die algoritme dan herhaaldelik en in dieselfde konteks ingeoefen en gebruik word; sodanige tradisionele sekwens kan byvoorbeeld soos volg verloop:

1. "Hoeveel halwes is daar in 'n hele?" [Antwoord: 2]
   "En derdes in 'n hele?" [Antwoord: 3] "En halwes in twee heles?" [Antwoord: 4]
   "En kwarte in 'n driekwart? [Antwoord: 3]

2. Voltooi: $1 \div 1/2 = \ldots$ [2]
   $1 \div 1/3 = \ldots$ [3]
   $2 \div 1/2 = \ldots$ [4]
   $3/4 \div 1/4 = \ldots$ [3]

3. "Kan julle nou sien hoe dit werk?"
   $1 \div 1/2 = 1 \times 2 = 2$

4. Voltooi: $1 \div 1/3 = 1 \times \ldots = \ldots$
   $2 \div 1/2 = \ldots \times \ldots = \ldots$
   $3/4 \div 1/4 = \ldots \times \ldots = \ldots/\ldots = \ldots$

5. "Op dieselfde manier kry ons nou ook $1/2 \div 2/3$ en $2/3 \div 4/9$ uitwerk"
   $1/2 \div 2/3 = 1/2 \times 3/2 = 3/4$
   $2/3 \div 4/9 = 2/3 \times 9/4 = 18/12 = 3/2$

In teenstelling met voorgaande leiding of afrigting tot die geoutomatiseerde uitvoering van die standaardalgoritme, wat tot 'n hoë mate sonder nadenke van die leerder gebeur, kan die volgende werkswyse in die PGB gevolg word:

1. Probleemsituasies soos die volgende word aan leerders gestel (na Human, 1993):

   My ma bak appelterte vir 'n basaar. Sy gebruik 2½ appels vir elke tert. Hoeveel terte kan sy met 20 appels bak? En met 24 appels?

   3½ bale lusern word gelykop onder 10 melkkoeie verdeel. Hoeveel lusern kry elke koei?

   Hoeveel 3/4 kg-pakkies spykers kan van 10 kg spykers gemaak word?

2. Leerders besluit (bedink) nou self oor maniere om die probleem op te los. Hulle mag hulle idees met mekaar deel en bespreek en vrae aan die onderwyser stel. Dié gee egter geen wenke ten opsigte van *hoe*

om die probleem op te los nie, maar reageer volgens wyses wat reeds vroeër verduidelik is.

3. Nadat leerders tot hul oplossings gekom het, verduidelik hulle dit en die prosedures wat daartoe gelei het, aan mekaar en aan die onderwyser. Gedurende hierdie bespreking word verskillende korrekte prosedures ontdek, vergelyk en verklaar, terwyl foutiewe of 'swak' prosedures en denkfoute aan die lig gebring en ontleed word. Die onderwyser tree nie as arbiter op nie, maar tree as fasiliteerder van die gesprek en beslegting van moontlike konflikte op.

Soos in die vorige voorbeeld is die fokus hier ook op betekenisvolle leerhandelinge as sodanig, asook op die kwaliteit van begripsvorming en die outonomie van die leerder as *wiskunde*leerder.

Ten slotte is 'n voorbeeld van die toepassing van die PGB in die sekondêre skoolfase ook gepas. Die onderrig van aanvangsalgebra in standerd 6 bied 'n sprekende voorbeeld:

Leerders behoort te leer om algebraïese uitdrukkings en vergelykings te manipuleer voordat hulle algebraïese formules konstrueer en vergelykings oplos. Human (1989:34-36) stel dat die aanleer van die manipulasies in die volgende fases verloop:

1. *Evaluering van algebraïese uitdrukkings*

   Ten aanvang word van leerders verwag om die waarde van uitdrukkings soos "2y(3y - 5)" vir verskillende waardes van y te bereken en die resultate te tabelleer. In hierdie fase word leerders begelei ten opsigte van die interpretasie en betekenis van algebraïese uitdrukkings en simbole wat daarin voorkom, maar nie ten opsigte van die uitvoering van prosedures en die berekening van die waardes nie.

2. *Bewuswording van ekwivalensie*

   In hierdie fase bereken leerders die waardes van gegewe uitdrukkings soos "(3y + 5) - (5 - 2y)" en "5y" vir verskillende waardes van y en tabelleer weereens die resultate. Die klem val nou op die ontdekking van die betekenis van ekwivalensieverwantskappe en nie op die logiese of abstrakte verifiëring daarvan nie (vergelyk ook die studente se argumente in die mikro-onderrigsituasie in 3.2.2.2).

3. *Bewuswording van die nut van ekwivalensie*

In hierdie fase word leerders uitgedaag om aanvanklik die berekening van die waarde van pare ekwivalente uitdrukkings te vergelyk. Hulle moet daarvan bewus word dat gegewe 'lelike' uitdrukkings makliker bereken kan word as 'n eenvoudige(r) ekwivalente vorm bekend is.

4. *Die logiese verifiëring van ekwivalensie*

In hierdie fase word van leerders verwag om die ekwivalensie en nie-ekwivalensie van gegewe pare uitdrukkings te verifieer en te verklaar. Verduidelikings word deur onderhandeling en in leerder-terme deur die onderwyser en leerders gesamentlik ontwikkel. Daar behoort by die bewuswording van ekwivalensie en die nut daarvan in fases 2 en 3 aangesluit te word en die bespreking behoort op 'n natuurlike wyse tot die volgende fase te lei.

5. *Konstruksie van ekwivalente uitdrukkings*

In hierdie fase word 'logies' op die vorige fase voortgebou deurdat daar van leerders verwag word om eenvoudiger ekwivalente uitdrukkings uit gegewe uitdrukkings te konstrueer.

6. *Ontwikkeling van selfvertroue in die herkenning van die werkbesparende moontlikhede van algebraïese manipulasies*

In hierdie fase word leerders aan situasies blootgestel waarin werk bespaar kan word, mits die leerder vereenvoudigingsmoontlikhede raaksien. Daar is dus eerder sprake van indirekte inoefening van vereenvoudiging as van direkte indriloefening.

Die rasionaal met hierdie voorgestelde werkswyse is om die 'natuurlike' ontwikkelingsgang van die leerder se denke getrouer op 'n deduktiewe wyse te simuleer. Tradisioneel word daar eerder 'n induktiewe werkswyse gebruik waar die onderwyser die reëls en prosedures bekendmaak en verduidelik en voorbeelde demonstreer, waarna die leerders soortgelyke voorbeelde onder begeleiding na-oefen.

Soos konstruktivistiese navorsing, is die PG-navorsing aanvanklik hoofsaaklik in klaskamers met jong kinders onderneem. Dit mag daartoe lei dat die PGB slegs tot 'n beperkte mate veralgemeen kan word en in die hoër standerds toegepas kan word. In hierdie verband blyk verder uit gesprekke van hierdie navorser met praktiserende wiskundeonderwysers oor die afgelope sowat vyf jaar dat die 'tydfaktor' en

'oorvol sillabusse' veral in die sekondêre fases as 'n byna onoorkomelike struikelblok in die weg van die PGB beskou word. In aansluiting by Prawat (1992; 1997) en Smith (1997), kyk ook by 2.2.3.3, word dus gesuggereer dat 'n uitbreiding van die PG-navorsingsbasis en 'n grondige herbesinning oor die skoolwiskundekurrikulum en die voordiens- en indiensopleiding van wiskundeonderwysers voorvereistes vir die doeltreffende implementering van die PGB in die skoolprogram is.

3.4.3.5 Kognitief-begeleidende wiskundeonderrig

Die gebrek aan 'n grondliggende didaktiese teorie by die konstruktivisme is reeds in 3.4.3.3 aangedui. Dit mag een van die redes wees waarom konstruktiviste enige vorm van 'aktiewe ingryping' deur die onderwyser in die leergebeure beslis afwys. Navorsing wat sedert die laat sewentigerjare by die Wisconsin Center for Educational Research (WCER) deur Fennema en medewerkers gedoen is, het egter die onderwyser se kardinale rol ten opsigte van die *kognitiewe begeleiding* van die leerder in die onderrig-leergebeure onteenseglik aangetoon (Fennema *et al.*, 1991). 'n Algemene model waarvolgens dié rol van die onderwyser verduidelik, verstaan en verklaar kan word, is reeds in Figuur 2.1 (kyk 2.2.3.3) voorgestel. In kort, kognitief-begeleidende wiskundeonderrig (KB-) berus op onderwysers se besluitneming wat weer op hulle kennis en oortuigings, sowel as hulle beoordeling van leerders se kennis op grond van waargenome leerdergedrag, berus (Koehler & Grouws, 1992: 120). In hierdie gedeelte word spesifiek op die kognitiewe begeleidingsrol van die wiskundeonderwyser gefokus.

Fennema *et al.* (1991:27-28) verduidelik en motiveer die rasionaal van kognitief-begeleidende skoolwiskundeonderrig aan die hand van die volgende standpunt van 'n besprekingspaneel van die National Institute of Education:

> "It is obvious that *what teachers do is directed* in no small measure *by what they think*. Moreover, it will be necessary for *any innovation* in the context, practices, and technology of teaching *to be mediated through the minds and motives of teachers*. To the extent that observed or intended teacher behavior is 'thoughtless', it makes no use of the human teachers' most unique attributes. In doing so, it becomes mechanical and might well be done by a machine. If, however, teaching is done ... by human teachers, the question of the *relationship between thought and action* becomes crucial." [Klem deur HDN.]

In 'n omvattende oorsig van navorsing aangaande die invloed van onderwysers se denke op hulle onderrig-leerhandelinge bevind Clark en Peterson (1986:256, 292) ten eerste dat onderwysers in hulle daaglikse interaksie met hulle 'kliënte' as reflektiewe denkende individue optree (vergelyk ook Moallem, 1997:143-144). Tweedens, bevind Clark en Peterson (1986:267-268) dat onderwysers hulle onderrig op 'n verskeidenheid van wyses beplan en dat hierdie 'planne' daadwerklike effek in die klaskamer het. Derdens, is onderwysers tydens onderrig-leer in 'n voortdurende proses van interaktiewe besluitneming betrokke (Clark & Peterson, 1986:277-278). Ten slotte, word onderwysers se persepsies, planne van aksie en besluitneming deur 'eie' teorieë en oortuigings gerig (Clark & Peterson, 1986:291-292; Moallem, 1997:149).

Fennema en medewerkers se navorsing in die WCER-projek sluit nou hierby aan. Ten eerste dui hulle navorsing daarop dat die *besluite* wat 'n wiskundeonderwyser *voor*, *tydens* en *na* onderrig neem, 'n dominante invloed op dit wat die leerders leer, uitoefen (Fennema *et al.*, 1991:28). Wiskundeonderwysers se besluitneming berus op die onderwyser se kennis van en oortuigings oor hoe die leerders die wiskunde-leerinhoud leer (Fennema *et al.*, 1991:31; Koehler en Grouws, 1992:119). Ten tweede het die WCER-navorsing aan die lig gebring dat hoewel wiskundeonderwysers nie streng by gebruiklike onderrig-leerbeplanningskemas hou nie, hulle wel *vooraf* vir die onderrig-leer wat moet plaasvind, beplan (Fennema *et al.*, 1991: 28). Hulle volg byvoorbeeld nie die 'stel doelwitte - selekteer aktiwiteite - organiseer aktiwiteite - spesifiseer evalueringsprosedures'-skema slaafs na nie, maar beplan tog wel onderrig-leerhandelinge op die kort-, medium- en langtermyn in wisselende mate. Sommige planne word byvoorbeeld nooit neergeskryf nie, maar bestaan slegs 'in die kop' van die betrokke onderwysers. Alle onderwysers bly egter voortdurend bewus van die planne wat in die voor-aktiewe of beplanningsfase gesmee is. Gevolglik beïnvloed die vooraf-beplanning die besluitneming oor wat om te onderrig, hoe onderrig gaan word, hoe die klaskamergebeure georganiseer gaan word, watter roetines en prosedures gevolg gaan word en hoe om vir individuele verskille voorsiening te maak beduidend (Fennema *et al.*, 1991:28).

Derdens, is ook bevind dat wiskundeonderwysers *tydens* die onderrig-leergebeure interaktief besluite neem aangaande die geskiktheid van die 'vooraf'-plan en die leerders se response daarop (*ibid.*; vergelyk ook Moallem, 1997:149). Die plan word byvoorbeeld in die situasie heroorweeg en na behoefte aangepas, terwyl die onderwyser ook moet besluit hoe om die leerderresponse te evalueer en hoe om

teenoor individuele leerders op te tree. Verder neem die onderwyser byvoorbeeld besluite aangaande die direkte aanwys, al dan nie van leerders om vrae te beantwoord, die aanvaarding, beloning of verwerping van leerderresponse, die dissiplinering van wanordelike optrede, die aanmoediging van 'n 'stil' leerder, asook die versnelling of vertraging van die pas van die lesgebeure.

Ten slotte, stel Fennema *et al.* (1991:28) dat onderwysers ook na afloop van die onderrig op die onderrig-leergebeure reflekteer. Wiskundeonderwysers kan byvoorbeeld deur nadenke oor die afgelope gebeure en uit die nagaan van leerders se werk- en verslagkaarte, huiswerk en dies meer, inligting oor die doeltreffende verloop, al dan nie van die 'plan' verkry. Hierdie inligting kan in die evaluering van die afgelope gebeure gebruik word en as basis vir die volgende beplanningsfase dien.

Samevattend kan gestel word dat die kognitief-begeleidende benadering tot wiskundeonderrig eerstens daarvan uitgaan dat die onderwyser deur pre-aktiewe, interaktiewe en rekflektiewe denke besluite voor, tydens en na onderrig, neem. Hierdie besluitneming oefen 'n dominante invloed op die aard en verloop van die onderrig-leergebeure uit deurdat dit op die kognitiewe begeleiding van leerders gerig is ten einde hulle in staat te stel om dit wat geleer moet word, te kan leer.

Hierin sluit die KB-benadering nou aan by navorsing oor die onderrig en leer van wiskunde vanuit die kognitiewe leerpsigologiese perspektief. Fennema *et al.* (1991: 30) stel twee grondliggende beginsels waarop wiskundeonderrig gebaseer behoort te wees, waaruit die noue band met die konstruktivistiese tradisie duidelik blyk, naamlik:

- *Die beplande sekwens van onderrighandelinge moet in ooreenstemming wees met die sekwens van leerhandelinge waarvolgens begrippe en vaardighede op 'n natuurlike wyse by die leerders ontwikkel, en moet aan die hand van die oplos van 'n wye verskeidenheid probleme georganiseer word.* Hiermee word dus veronderstel dat probleemoplossing die konteks is waarbinne onderrig en leer behoort plaas te vind.

- *Onderrig moet geskik vir elke individuele leerder se kennis wees.* Hiermee word ten regte veronderstel dat wiskundeonderwysers leerders se kennis en vaardighede op 'n gereelde basis moet evalueer. In die beplanning van die onderrig moet ook met die wye spektrum van kennis en vaardighede wat op

enige bepaalde stadium in elke leerder se denke bestaan, rekening gehou word.

Uit voorgaande is dit duidelik dat onderwysers se kognitief-begeleidende onderrig-handelinge, in die besonder hulle besluitneming, in 'n hoë mate leerdergesentreerd moet wees. Ten regte word vereis dat die leerder aktief by die onderrig-leergebeure betrokke moet raak en daaraan deelneem. In die woorde van Fennema *et al.* (1991:31):

> "The frame of reference for a CGI teacher is what the child is thinking and doing, not what the teacher is to do. The goal for the CGI teacher is to facilitate children's active mental involvement in important mathematics tasks."

In die KB-benadering word die klem egter nie net op die kognitiewe dimensie van die leer van wiskunde geplaas nie. Vanuit holistiese ontologies-kontekstuele gronde (kyk 2.3.4.5) word daar met die KB-benadering saamgestem dat ook die affektiewe dimensie van die leer van wiskunde van kardinale belang vir die doeltreffende onderrig van wiskunde op skool is (Fennema *et al.*, 1991:33-34).

'n Verdere wesenstrek van die KB-benadering tot skoolwiskundeonderrig is daarin geleë dat enige voorskriftelikheid ten opsigte van onderrig-leerprogramme beslis afgewys word. Hierin word duidelik met die positivistiese tradisie (kyk by 2.1 en 2.2) gebreek en by die konstruktivistiese tradisie aansluiting gevind. In KB-wiskunde-onderrig word eerder met die stel van sekere beginsels wat 'n raamwerk skep waarbinne die onderwyser die vryheid het om 'n eie program vir die onderrig en leer van wiskunde te konstrueer, volstaan. Fennema *et al.* (1991:32) vat die kern van hierdie 'KB-beginsels' soos volg saam:

- Besluitneming oor onderrig behoort op dit wat van elke leerder se kognisie en kennis bekend is, gebaseer te word.
- Onderrig behoort so georganiseer te word dat elke leerder in staat is om kennis te konstrueer en te verstaan.
- Die onderlinge samehange tussen begrippe, probleemoplossing en vaardig-hede behoort deur onderrig beklemtoon en duidelik gemaak te word.
- Onderrig behoort so georganiseer te word dat leerders kognitief betrokke kan raak, begripvorming bevorder kan word en sodat onderwysers leerders se kognisie en kennis kan evalueer.

- Onderrig behoort leerders aan te moedig om hulle eie denke te moniteer en te reguleer, asook verantwoordelikheid vir hulle eie leer te aanvaar.

Die groot waarde van die KB-benadering tot wiskundeonderrig is daarin geleë dat die onmisbare begeleidingsrol van die onderwyser erken word, en dat 'n besliste poging aangewend is om 'n didaktiese teorie, waarvolgens hierdie rol beskryf en verklaar kan word, te formuleer. Die aandrang op nie-voorskriftelikheid in die didaktiese handeling is in die lig van die komplekse aard van die onderrig-leergebeure gepas. Die blote stel van beginsels waaruit 'n onderwyser dan self 'n didaktiese model moet aflei, mag egter problematies wees. Daar is in 3.4.2.3 aangetoon dat een van die swak punte van die aktiewe wiskundeonderwysprogram is, dat dit moeilik is om onderwysers op te lei om die ontwikkelingsfase doeltreffend toe te pas. By nadere ontleding toon van die KB-beginsels sekere ooreenkomste met die 'ontwikkelingsfunksies' en dit laat die vermoede ontstaan dat dit eweneens moeilik mag wees om onderwysers op te lei om die 'beginsels' doeltreffend toe te pas en tot 'n 'eie model' te verwerk.

3.4.3.6 Realistiese wiskundeonderrig

Navorsers aan die Rijksuniversteit van Utrecht in Nederland doen reeds sedert die vyftigerjare navorsing oor die ontwikkeling van leerders se 'wiskundige denke'. Die sogenaamde Wiskobas-projek het onder leiding van die befaamde wiskundige en wiskundeopvoedkundige Hans Freudenthal gestaan en die betrokke navorsingsinstituut is dan ook vandag wêreldwyd as die Freudenthal Instituut bekend (Streefland, 1993a). Hierdie navorsing het tot die ontwikkeling van 'realistiese wiskundeonderwys' (RWO) gelei (De Lange, 1992:52; Treffers, 1993:106).

As wiskundige is Freudenthal sterk deur Brouwer se intuïsionistiese of konstruktivistiese beskouing oor wiskunde beïnvloed (De Lange, 1992:52). Op grond hiervan het hy dan ook besondere klem op "mathematics as human activity" geplaas (Streefland, 1993b:112). Freudenthal (1993:72) was oortuig dat wiskunde nooit as 'n pasgemaakte produk aan leerders aangebied behoort te word nie, maar dat hulle wiskunde as menslike handeling self behoort te ontdek - of eerder te *her*ontdek (Freudenthal, 1991:142). Hiertoe is die ondersoek van probleemsituasies wat in 'n *realistiese* konteks geskied, 'n voorvereiste. Leerders behoort wiskundige begrippe dus aan die hand van intuïtiewe ondersoeke te (her-) ontdek en te ontwikkel, in plaas daarvan om dit as afgeronde gegewes te ontvang. De Lange (1992:53) vat die grondbeginsel van RWO soos volg saam:

> "Depending on such factors as interaction among students, interaction between students and teachers, the social environment of the student, and the student's ability to formalize and abstract, the students will sooner or later extract the mathematical concepts from the real situation."

Hiervolgens blyk dat RWO 'n aanvang neem met 'n fase wat Freudenthal (1993:72) "matematisering" ("mathematising"; "mathematisation") noem. Hy verduidelik hierdie begrip as "turning a non-mathematical matter into mathematics, or a mathematically underdeveloped matter into more distinct mathematics". Soos Treffers (1987), stel Freudenthal (1993:72) dat twee komponente in hierdie verband ter sprake kom, naamlik: *horisontale* matematisering van die leerder se leefwêreld na 'n wêreld van simbole, gevolg deur *vertikale* matematisering wat binne die simbole-wêreld plaasvind.

Dit volg logieserwys dat RWO ten eerste daarop gerig is om die wiskundeleerder in die onderrig-leersituasie tot matematisering in staat te stel. Die realistiese konteks waarbine die onderrig en leer plaasvind, dien as sodanig as 'n eerste geleentheid tot horisontale matematisering. Op grond van voormelde grondbeginsel van RWO blyk dat die leerder daarna in die simbole-wêreld in die besonder op begeleidende interaksie met die onderwyser, maar ook interaksie met medeleerders, die sosiale omgewing en eie kognitiewe hoedanighede aangewese is.

De Lange (1992:53) stel dat die begrippe na die aanvanklike fase van formalisering en abstraksie *gebruik* word deur dit *in nuwe probleemsituasies toe te pas*. Dit lei tot die versterking van die begrippe, asook 'n aanpassing van die waargenome beeld van die leefwêreld ("percieved real world"). In die lig van die konstruktiewe en kumulatiewe aard van die leerhandeling (kyk 2.2.3.3) kan dan gestel word dat sodanige aanpassings wat gemaak word, 'n bepalende invloed op die verloop van die volgende fase van matematisering sal hê en sal dus in die onderrig- en leerhandeling verreken moet word. Hiertoe is medemenslike interaksie van kardinale belang vir die onderriggewer, sowel as die leerder.

Dit blyk dus dat die realistiese en interaktiewe probleemkonteks waarbinne skoolwiskunde onderrig en geleer word, in 'n dubbele sin onontbeerlik is: enersyds dien dit as 'n bron vir begripsontwikkeling; andersyds dien dit as 'n realistiese en relevante toepassingsveld (De Lange, 1992:53; Freudenthal, 1993:72). Aansluitend hierby kom Streefland (1993b:111) tot die slotsom dat RWO onder meer daarop

berus dat die volgende twee kernprosesse in die onderrig-leergebeure verreken behoort te word:

- Die leerder moet van konkretisering na konstrukvorming vorder, deurdat die werklikheid gebruik word as 'n bron-, sowel as toepassingsgebied.
- Leerhandelinge (-sekwense) moet met die wiskundige struktuur wat geleer word, vervleg word.

Die klem op 'n realistiese en interaktiewe probleemkonteks, asook op die invloed van die sosiale leeromgewing, toon die noue band tussen realistiese, sosiaal-konstruktivistiese en probleemgesentreerde skoolwiskundeonderrig (kyk 3.4.3.3 en 3.4.3.4). De Lange (1992:52) wys egter ten regte op twee kernverskille tussen die realistiese en sosiaal-konstruktivistiese benaderings tot skoolwiskundeonderrig, te wete:

- 'n Konstruktivistiese benadering berus op 'n epistemologiese *teorie van leer*, terwyl RWO op 'n kognitief-psigologiese *teorie van leer en onderrig* berus. In ooreenstemming met konstruktivistiese navorsing het RWO-navorsing aan die lig gebring dat die leer van wiskundige begrippe volgens 'n hiërargie van denkvlakke verloop (De Lange, 1992:55; Van Hiele, 1986:39). Konstruktivistiese navorsing vind aansluiting by Piaget se teorie, waarvolgens die vordering van die leerder van een vlak na die volgende hoër vlak as 'n funksie van ervaring en ryping beskou word. RWO-navorsing het egter bevind dat hierdie vordering bepalend deur onderrig en leer beïnvloed kan word; die vordering kan naamlik binne bepaalde perke deur geskikte onderrig versnel word (De Lange, 1992:55; Van Hiele, 1986:50). Hierin vind RWO- denke, soos sosiaal-kulturalistiese denke, dus eerder aansluiting by die Vygotsky- en Bruner-denkskole, as by die Piagetdenkskool (kyk 3.4.3.3).
- Die sosiaal-konstruktivistiese benadering tot skoolwiskundeonderrig is uit 'n *algemene* teorie van leer afgelei, terwyl die realistiese benadering van meet af spesifiek *in wiskunde* ontwikkel is. Eersgenoemde is dus 'n afgeleide of toegepaste benadering, terwyl laasgenoemde 'n outentieke vaktipiese benadering tot skoolwiskundeonderwys is. Daar kan gevolglik geredeneer word dat die besondere aard van wiskundige inhoude van die begin af in die realistiese benadering verreken is, terwyl verbesondering van die algemene teorie tot 'n vakbenadering moontlik ruimte kon laat vir bepaalde wanvoorstellings ten opsigte van die aard van die wiskundige leerinhoude en leer-

handeling. Dit mag moontlik tot die voormelde beperkinge van die konstruktivistiese benadering bydra (kyk 3.4.3.3) en mag moontlik daartoe bydra dat van hierdie beperkinge deur 'n realistiese benadering oorkom kan word.

Die vlakke-struktuur in die realistiese benadering verdien verdere toeligting, aangesien die verloop van RWO hierby aansluit (Van Hiele, 1986:40). Die kerngedagte is dat wiskundige denke deur 'n *diskontinue* reeks vlakke wat in kompleksiteit en gesofistikeerdheid toeneem, verloop en dat die oorgang van een vlak na die volgende vlak deur 'n reeks onderrig- en leerfunksies moontlik gemaak kan word. Daar was nie altyd eenstemmigheid oor die aantal vlakke, asook die aard daarvan nie (De Lange, 1992:55; Van Hiele, 1986:41-42). Vandag is daar egter redelike ooreenstemming dat daar wat skoolwiskundeonderwys betref, hoofsaaklik drie denkvlakke ("levels of argumentation"; "levels of understanding") van wesenlike belang is (Van Hiele, 1991; De Lange, 1992:56-65), naamlik:

1. *Die laevlak*, wat deur denke of beredenering (argumentasie) in terme van voorwerpe, definisies, tegnieke en tegniese gereedskap, asook eenvoudige of standaardalgoritmes gekenmerk word. In rekenkunde en algebra kom meerstappige probleme, wat uit die werklike lewenskonteks geneem is, soos die volgende algemeen voor:

   Chris leen R 1000 by die bank. Hy moet 12% rente per jaar betaal. Hoeveel rente betaal hy na die eerste jaar?

   Ons het die vakansie 1000 km met ons motor gery en het 80 liter brandstof gebruik. Hoeveel kilometer het ons gemiddeld met 'n liter brandstof afgelê?

   Hierdie probleme word tradisioneel as standaardoefeninge benader, wat daarop neerkom dat die probleem die "real problem meaning" verloor, soos De Lange (1992:56) tereg aantoon. Gevolglik vereis die oplos daarvan bloot laevlak-denke. Indien daar slegs met hierdie soort probleemoplossing volhard word, inhibeer dit dus eerder vordering na hoërvlak-denke, as om dit te bevorder. Daarenteen moet egter in gedagte gehou word dat wiskundige denkvlakontwikkeling op hierdie vlak 'n aanvang neem en daarom kan die waarde van die gebruik van sodanige elementêre oefeninge nie sondermeer ontken word nie.

   Toegepas in meetkunde stel Teppo (1991:210) dat leerders op hierdie vlak op *visuele* ruimtelike denke alleen staatmaak. Hulle herken naamlik 'n meet-

kundige vorm globaal op grond van visuele waarneming daarvan, en nie op grond van die eienskappe daarvan nie. Van Hiele (1986:83) bevind byvoorbeeld dat leerders op hierdie vlak gelykvormige driehoeke as sodanig kan herken, maar geen betekenisvolle rede of verklaring vir hulle gewaarwording kan gee nie. Henderson (1995) bevestig dat meetkundeonderwys tradisioneel eerder as 'n studie van logiese wiskundige stelsels benader word en dat dit volgens 'n tipiese 'definisie-aksioma-stelling-bewys-probleem'-sekwens verloop. Sodanige praktyk kom dus wesenlik daarop neer dat die normale ontwikkelingsgang van ruimtelike denke nie gerespekteer of inaggeneem word nie.

2. *Die middelvlak*, wat deur denke in terme van die ontleding en ordening van die eienskappe van objekte, die trek van verbande, integrering van verbandhoudende sake en werklike probleemoplossing gekenmerk word (Teppo, 1991:211; Van Hiele, 1986:63). 'n Tipiese probleem wat denke op hierdie vlak vereis, is (De Lange, 1992:57):

> *Julle is per motor oppad. Julle het met 'n vol tenk brandstof begin en het reeds 2/3 van die afstand afgelê met die tenk nog 1/4 vol. Sal julle die eindbestemming kan haal sonder om die brandstof aan te vul?*

Vergelyking hiervan met die vorige brandstof-probleem toon dat hierdie probleem eweneens in 'n realistiese konteks gestel is, maar hier is nie sprake van 'n klinklare voorgeskrewe bewerkingsekwens nie. In die eerste probleem hoef leerders slegs die basiese deelbewerking "1000/80" te kies en uit te voer, terwyl hulle in hierdie geval self op 'n strategie moet besluit om die probleem te kan oplos. Op hierdie vlak is globale herkenning van die korrekte basiese bewerking dus nie meer voldoende nie, maar word 'n mate van analitiese 'beskrywing' van die situasie vereis.

In meetkunde is leerders op hierdie vlak in staat tot *beskrywende* ruimtelike denke (Teppo, 1991:211; Van Hiele, 1986:63). Hulle kan byvoorbeeld 'n gelykbenige driehoek van 'n gelyksydige een onderskei op grond van elkeen se kenmerke, maar kan nie 'n formele bewys gee dat 'n gegewe driehoek gelykbenig of gelyksydig is nie.

3. *Die hoëvlak*, wat deur komplekse formele denke gekenmerk word. Dit sluit onder meer denke wat by beredenering, kommunikasie, 'n kritiese ingesteld-

heid, interpretasie, refleksie, kreatiwiteit, veralgemening en matematisering betrokke is, in (De Lange, 1992:59). Die oplos van probleme soos die volgende vereis hoëvlak-denke van die leerder:

> *Ons bly twee kilometer van die skool af en drie kilometer van die swembad af. Hoe ver is die skool van die swembad af?*

Vergelyking van hierdie probleem met voormelde probleme toon dat nòg 'n visuele voorstelling van die gestelde probleemsituasie nòg 'n analitiese beskrywing daarvan alleen voldoende is om bevredigende oplossings daarvoor te kan vind en staaf. Hiertoe word 'n mate van formele denke (beredenering) vereis.

Sodanige vermoë tot formele wiskundige denke of beredenering is 'n voorwaarde vir die betekenisvolle leer van algebra met begrip in die sekondêre skoolfase. Hoëvlak denke word byvoorbeeld vereis om stelsels vergelykings te kan oplos, wanneer hulle 'n eienskap van natuurlike getalle met behulp van wiskundige induksie moet aflei of wanneer hulle 'n praktiese probleem moet oplos deur van 'n oneindige meetkundige reeks gebruik te maak.

Wat meetkunde betref, onderskei 'n vermoë tot formele meetkundige of ruimtelike beredenering dan ook leerders wat op die hoë meetkundige of ruimtelike denkvlak is. Sulke leerders is in staat tot die *ordening* van die eienskappe van meetkundige figure en kan betekenisvolle inhoud gee aan meetkundige simbole of konsepte soos kongruensie, gelykvormigheid, parallelisme en "following from" (Van Hiele, 1986:63). Hulle kan gevolglik formele bewyse vir afgeleide eienskappe van meetkundige strukture met begrip konstrueer.

Die kern van RWO is dat leerders op skool in 'n realistiese konteks aan die hand van probleemoplossing en deur bemiddeling van 'n reeks onderrig- en leerfunksies van die laevlak deur die middelvlak tot op die hoëvlak sal vorder. Anders as in die klassieke Piaget-teorie word die oorgang tussen twee opeenvolgende diskontinue denkvlakke telkens deur 'n *leerperiode* bewerkstelling. Elke volgende vlak ontspring uit die vorige vlak deurdat die laer vlak deur 'n onderrig-leerproses tot die hoër vlak getransformeer word (Van Hiele, 1986:63).

Elke leerperiode is opgebou uit dieselfde stel onderrig-leerfunksies, wat hiërargies en sekwensieel opmekaar volg, naamlik (Presmeg, 1991:9; Teppo, 1991: 212-213):

1. *Die inligtingsfase*, waartydens inligting en materiaal aan leerders beskikbaar gestel word met die doel dat hulle aan die hand daarvan die 'ondersoekveld' kan leer herken en tot die ontdekking van 'n bepaalde struktuur kan kom.

2. *Die begrensde of begeleide oriënteringsfase*, waartydens leerders die ondersoekveld aan die hand van noukeurig beplande en versigtig begeleide aktiwiteite met die voorsiene materiaal verken en ontgin. Die resultaat hiervan is dat kenmerkende strukture in die ondersoekveld progressief na vore begin tree.

3. *Die verduidelikingsfase*, waartydens die onderriggewer en leerders oor die 'objekte van ondersoek' in gesprek (interaksie, diskoers) tree met die doel om verworwe leerervarings met presiese taalsimbole te verbind en om gebruiklike terme in konteks te gebruik. Sodoende begin 'n relasie-netwerk in die denk- en kennisstruktuur van die leerder te vorm.

4. *Die vrye oriënteringsfase*, waartydens leerders tot vrye of oop ondersoek-aktiwiteite aangespoor word. Leerders word naamlik in aktiwiteite wat op verskillende wyse aangepak kan word, betrek. Sodoende verken die leerder die groter ondersoekveld, wat tot nog toe nog grootliks onbekend gebly het, vryelik om verdere relasie-verbindinge moontlik te maak.

5. *Die integrasiefase*, waartydens die leerder tot 'n geïntegreerde oorsig van die ondersoekveld en -aktiwiteite behoort te kom. Die interaksie in die klas is dus nou daarop gerig dat leerders op hulle ondersoekhandelinge sal reflekteer. Hiertoe kan die onderriggewer byvoorbeeld 'n konsoliderende gesprek lei of kan die leerders onder meer reëls, werkswyses, gewaarwordinge en bevindinge formuleer, saamvat of memoriseer. Hierdie fase behoort leerders dus daartoe te bring dat hulle enersyds 'n geheeloorsig van die ondersoekveld kan ontwikkel, en andersyds die huidige ondersoekveld met vorige of bekende ondersoekvelde in verband kan bring.

Ten slotte, RWO verteenwoordig 'n benadering tot die onderrig van skoolwiskunde wat daarna streef om in realistiese probleemkontekste by die hiërargiese en sekwensiële verloopstruktuur van elke leerperiode aansluiting te vind, ten einde dit vir leerders moontlik te maak om van die laevlak tot die hoëvlak van wiskundige denke en kennis te vorder. Hiertoe is dit duidelik dat die onderwyser 'n besondere kognitiewe begeleidingsrol te vervul het, maar dan in 'n nie-tradisionele "not to

teach"- of "un-teaching"-sin (De Lange, 1992:67-69; vgl ook die bespreking van die KB-benadering in 3.4.3.5).

Dit kan nie ontken word dat die 'realistiese probleemkonteks' deur 'n hoë mate van kompleksiteit, verweefdheid en multidimensionaliteit, moontlik selfs onvoorspelbaarheid en sensitiwiteit gekenmerk word nie. Indien dit met die komplekse en nie-tradisionele "un-teaching"-aard van RWO in verband gebring word, moet met De Lange (1992:69) saamgestem word dat die toepassing van RWO deur 'gewone' onderwysers in alledaagse klaskamers aan 'n verskeidenheid praktiese probleme onderworpe sal wees, soos die ervaring in Nederland en die VSA dan ook getoon het.

3.5 SAMEVATTING

In hierdie hoofstuk is prominente kontemporêre benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde ontleed. Daar is aangetoon dat onderwysers se fundamentele beskouings oor wiskunde, in die besonder skoolwiskunde, 'n bepalende invloed op die onderrigbenadering wat gevolg word, uitoefen. Gevolglik is sodanige beskouings oor wiskunde, in die besonder skoolwiskunde, ten aanvang ontleed. Daar bestaan 'n wisselwerking tussen beskouings oor en benaderings tot die *leer* van wiskunde en dié met betrekking tot die *onderrig* daarvan. Gevolglik is heersende beskouings oor en benaderings tot die leer van wiskunde ook ontleed, voordat oorgegaan is tot ontleding van die betrokke benaderings tot die onderrig van skoolwiskunde.

Uit die ontleding van die verskillende benaderings tot wiskundeonderrig blyk dat die veronderstelde harmonie tussen die wesentrekke van wiskundeonderrig in die positivisties-gedrewe tradisionele benadering versteur is. Die onderwyser is naamlik ten koste van die ander wesenstrekke in die sentrum van die onderrig-leergebeure geplaas. Daar is ook aangetoon dat hierdie benadering op 'n statiese produk-beskouing van leer en 'n rigiede formalistiese vakbeskouing berus.

Namate die beperkinge en tekortkominge van die tradisionele benadering ontdek en verstaan is, is verskeie onderrigbenaderings vanuit post-positivistiese denkskole geformuleer. Hierin is gepoog om met 'n dinamiese prosesbeskouing van leer en van wiskunde rekening te hou. Die leerder is nou in die sentrum van die onderrig-leergebeure gestel en medemenslike interaksie is as 'n onmisbare element van hierdie gebeure beskou.

In die nuwe benaderings is skoolleerinhoude nie meer as absolute onfeilbare waarhede beskou nie, maar eerder vanuit 'n relativistiese groei-en-verander-perspektief. Daarby word leerinhoud of kennis nie langer as 'n doel op sigself beskou nie, maar dit eerder as 'n middel of instrument tot die bereiking van die doel. Die inhoudgerigte en voorskriftelike kennisoordrag-benadering is vervang met prosesgerigte benaderings wat deur onderhandeling met en tussen leerders op die bemoontliking van betekenisvolle leer gerig is.

Gaandeweg is die kardinale rol van die konteks waarbinne onderrig en leer van skoolwiskunde plaasvind, erken. Die noue wisselwerking tussen die leer- en leefomgewing is onder meer ontdek en verskeie pogings is aangewend om dit in die onderrig-leergebeure te verreken. In hierdie verband is tot die slotsom gekom dat probleemoplossing, veral in 'n realistiese werkliheidsverband, 'n sleutelfunksie vervul.

Uit die ontleding is dit egter eweneens duidelik dat daar nie 'n enkele 'beste' benadering tot wiskundeonderrig bestaan nie. Die rede hiertoe is in die 'eie-aard' van die verskillende benaderings gesetel. Elke benadering vertrek naamlik vanuit bepaalde fundamentele perspektiewe met betrekking tot onder meer wiskunde, onderrig, leer, onderwys en die omgewing. Die plek en funksie van die wesenstrekke van wiskundeonderrig afsonderlik, en in samehang, word dan ook verskillend in die afsonderlike benaderings verreken. In die lig van die onvolkomenheid van alle menslike arbeid kan nie een van hierdie 'verrekeningspogings' daarop aanspraak maak dat dit volkome 'reg' is nie. De Lange (1992:69) vat die kern hiervan treffend soos volg saam:

> "The shift away from rote learning, basic skills, and memorization toward 'higher order thinking skills' is more easily desribed than implemented. Experiences ... make it perfectly clear that we have a long way to go. 'Not to teach,' or un-teaching, is a difficult task ... that has to be mastered. However, it is clear from these experiences that it is worth the effort. ... But teaching is much more complex. We better prepare our teachers properly."

In die volgende hoofstuk word daar gepoog om vanuit die begronde beskouing van doeltreffende onderrig, wat in hoofstuk 2 beredeneer is, tot 'n harmonies-samehangende ontologies-kontekstuele model van doeltreffende wiskundeonderrig op

skool te kom. Daarna word implikasies hiervan vir die behoorlike didaktiese skoling van wiskundeonderwysers ondersoek en beredeneer.

HOOFSTUK 4
DOELTREFFENDE WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL VANUIT ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF

4.1 INLEIDING

Benaderings tot doeltreffende wiskundeonderrig is die resultaat van navorsing wat vanuit verskillende perspektiewe onderneem word. Deels as gevolg van 'n gebrekkige didakties-teoretiese onderbou word hierdie benaderings oor die algemeen deur bepaalde vak- en leerbeskouings gerig (kyk 1.1, 3.1, 3.2 en 3.3). Dit verklaar moontlik waarom Romberg en Carpenter (1986:861) na 'n deurtastende ondersoek van sodanige navorsing opmerk dat die benaderings oor die algemeen te globaal gerapporteer word en dat daar hoofsaaklik op metodologiese en ander prosedures gefokus word. Gevolglik word daar nie voldoende konkrete gebruiksinligting oor die wesenstrekke en samehange van die onderrig en die leer van wiskunde ontbloot nie. In hierdie hoofstuk word gepoog om die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig, in die lig van die teoretiese raamwerk, wat in 2.4 geformuleer is, te ondersoek.

Daar word eerstens vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief tot 'n geïntegreerde beskouing oor die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig op skool gekom. Daarna word die inligting met kontekstuele en metodologiese determinante en prosedures van die onderrig-leersituasie in verband gebring; die samehang van die betrokke wesenstrekke met relevante onderrig-leergeleenthede en -tegnologie word in die besonder ontleed. Sodoende word gepoog om die verskynsel *doeltreffende wiskundeonderrig* op skool in die lig van die beredeneringe in hoofstukke 2 en 3 te fundeer en in sinoptiese terme saam te vat.

In hierdie ondersoek word tussen argumente op die kennisproduksie- en kennisgebruikvlak onderskei (kyk 1.5.1). Soos in die voorgaande hoofstuk word argumente in hierdie hoofstuk steeds hoofsaaklik op die *produksie*vlak gevoer, maar gebruikselemente word deurgaans ter wille van die vakgerigte konkretisering van algemene teoretiese beskouings in die argumente 'ingevleg'.

4.2 DIE WESENSTREKKE VAN DOELTREFFENDE WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL

4.2.1 Oriëntering

In hoofstuk 2 is aangetoon dat daar vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief slegs sprake van 'n onderrigsituasie kan wees indien die wesenstrekke *intensie*, *onderriggewer*, *leerder*, *leerinhoud*, *interaksie* en *konteks* gelyktydig en in samehang teenwoordig is (kyk 2.4.1). Voorts is gestel dat onderrig doeltreffend is na die mate waarin dit die spesifieke leerders in staat stel om geskikte leertake uit te voer sodat hulle dit wat geleer moet word wel kan leer (kyk 2.4.3). In hierdie gedeelte word voormelde wesenstrekke en hulle onderlinge samehang in die geval van die onderrig en leer van skoolwiskunde ontleed ten einde in 'n volgende gedeelte tot 'n model vir doeltreffende wiskundeonderrig op skool te kan kom. Aangesien die fokus in hierdie bespreking spesifiek op doeltreffende wiskundeonderrig op skool val, word die term 'onderwyser' sover paslik bo 'onderriggewer' verkies.

4.2.2 Die intensie van wiskundeonderrig

4.2.2.1 Doelbeskouing

Die wesenlik verskillende beskouings, wat in die positivistiese en post-postivistiese denkskole oor die doel of intensie van onderrig gehuldig word, is reeds vroeër in die algemeen ontleed (kyk 2.4.2). In die besondere geval van skoolwiskunde blyk dat die positivisitiese denkskool tot tipiese proses-produkbeskouings oor die doel van wiskundeonderrig gelei het (kyk 3.3.2.1 en 3.3.3). Hiervolgens word veronderstel dat spesifieke wiskundeonderrigsekwense die direkte oorsaak van verwagte wiskundeleeruitkomste kan wees. Daar is egter reeds voldoende getuienis aangevoer dat hierdie uitgangspunt op 'n bedenklike beskouing van die onderrig, sowel as van die leer van skoolwiskunde berus (kyk 3.3.2 tot 3.3.4).

Vanuit 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor die doel van wiskundeonderrig word by post-positivistiese denke aangesluit (kyk 2.4.2 en 3.3.2.2). Hiervolgens is onderrig en leer duidelik onderskeibare menslike handelinge, wat in 'n ontologies-afhanklike verband tot mekaar staan, eerder as in 'n eng oorsaaklike verband. Dit hou in dat hoewel wiskundeleer nie direk deur wiskundeonderrig *veroorsaak* word nie en alle wiskundeonderrig nie noodwendig tot wiskundeleer lei nie, wiskundeonderrig sin verloor indien geen wiskundeleer ooit op grond daarvan plaasvind nie. Die intensie van wiskundeonderrig is daarom op die instaatstelling tot wiskundeleer,

eerder as op die afloop van leer gerig. Die onderrigdoel is dus nie dat leerders verwagte leeruitkomste moet kan demonstreer nie, maar dat hulle in staat gestel moet word om deur geskikte leerhandelinge tot sodanige leeruitkomste te kan kom. In kort, die onderrigdoel of -intensie is nie leer nie, maar die *bemoontliking* van leer.

4.2.2.2 Die samehang van onderrig en leer

Uit voorgaande paragraaf, asook toepaslike gedeeltes uit hoofstukke 2 en 3 (soos 2.4.3 en 3.3.3), blyk nou dat die doeltreffendheid van wiskundeonderrig eerder in terme van samehang tussen die onderrig en die leer van wiskunde, as in terme van verwagte uitkomste van wiskundeleer, beskou behoort te word. Die doeltreffendheid van die onderrig word nie deur die geskiktheid van die 'onderrigvoorskrifte' waarvolgens kennis 'oorgedra' word, of die demonstrasie van verwagte leeruitkomste bepaal nie, maar deur die mate waarin wiskundeonderrighandelinge as sodanig met relevante wiskundeleertake verbind kan word dat die leerder in staat gestel word om te kan leer. Die tipiese proses-produk doelketting

WISKUNDEONDERRIGSEKWENS → WISKUNDELEERUITKOMS

word dus verwerp ten gunste van 'n proses-prosesgerigte doelketting, soos

WISKUNDEONDERRIG → WISKUNDELEERTAKE → WISKUNDELEER

Sodanige doelketting kan egter steeds tot 'n enkelvoudige of eendimensionele 'inset-uitset'-beskouing oor die onderrig-leersamehang in wiskundeklasse lei. Dit sou egter op 'n veronderstelling dat leeruitkomste lineêr deur die leertake wat die leerders uitvoer, en die onderrighandelinge van die onderwyser bepaal word, kon dui (kyk 2.4.2). Koehler en Grouws (1992:118) bevind dan ook dat 'n multidimensionele model, eerder as 'n eendimensionele model, gebruik behoort te word om doeltreffende wiskundeonderrig-leer te beskryf en te verklaar. Sodanige multidimensionele model toon dat daar aan die onderwyser, sowel as die leerder se kant kognitiewe, affektiewe en konatiewe faktore bestaan wat in 'n netwerk- of matriksverband tot die onderrighandelinge en leertaakuitvoering, en dus ook tot die leeruitkomste binne en buite wiskundeklasse kan bydra (kyk Figuur 2.3). Genoemde faktore sluit onder meer die volgende in:

- Die onderwyser se wiskunde- en pedagogiese kennis, asook leerders se voorkennis en kognisie.

- Die onderwyser en die leerders se houdings, oortuigings en beskouings oor wiskunde, onderrig, leer en hulleself, asook vlakke van motivering wat by hierdie persone teenwoordig is.
- Wilsaspekte van onderwyser- en leerdergedrag binne en buite wiskunde-klasse, asook die mate taaktoewyding en waaghouding wat getoon word.

In die volgende beredenering van die ander wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig word daar in besonderhede oor die aard, invloed en onderlinge verband van hierdie faktore besin (kyk 4.2.3 tot 4.2.6); daarom word dit nie hier bespreek nie.

Die kernsaak wat hier benadruk wil word, is dat die onderrig-leersamehang in die algemeen, en in die geval van wiskundeonderrig en -leer, in die besonder, in terme van 'n komplekse en interaktiewe netwerk of matriks van 'n wye verskeidenheid kognitiewe, affektiewe en konatiewe faktore bedink en benader behoort te word. Hierdie faktore behoort nie slegs tydens die verloop van wiskundeonderrig verreken te word nie, maar die moontlike invloed daarvan op die onderrig-leergebeure binne en buite die wiskundeklas behoort alreeds in die beplanning van wiskundeonderrig geantisipeer en verreken te word (kyk byvoorbeeld 2.2.3.3, 2.4.2 en 3.4.3.5). 'n Enkele voorbeeld behoort hierdie punt te illustreer:

Veronderstel dat daar in 'n bepaalde wiskundeklas leerlinge is wat 'n hoë mate van wiskundeangs vertoon, asook ander leerders uit 'n sosio-ekonomiese omgewing wat arm aan wiskundige blootstelling is. Veronderstel ook dat die onderwyser 'n negatiewe houding teenoor 'sukkelaars' openbaar, en nie weet hoe voormelde leerhindernisse oorkom kan word nie. Voormelde faktore kan die doeltreffendheid van beplande onderrigsituasies wesenlik beïnvloed.

- Die twee groepe leerders se deelname aan die onderrig-leer-interaksie en -kommunikasie kan byvoorbeeld geïnhibeer word, maar om wesenlik verskillende redes. Eersgenoemde groep mag uit vrees vir mislukking interaksie met ander leerders vermy, terwyl die tweede groep die leerinhoud as nie-relevant mag beleef en dus nie betekenisvol aan die gesprek kan deelneem nie. Indien die onderwyser hierdie 'effekte' nie doelbewus in die beplanning van die spesifieke onderrigsituasie antisipeer nie, kan die onderrigbesluitneming in die klas op 'n gebrekkige kennis- en houdingsbasis berus. Dit kan weer

daartoe lei dat die betrokke leerders nie tot betekenisvolle leer met begrip van die spesifieke leerinhoud begelei kan word nie. Uiteindelik kan hierdie ervaring tot 'n verdieping van die leerhindernisse en 'n vergroting van die gaping tussen leerder en onderwyser bydra, wat die doeltreffendheid van volgende onderrigsituasies toenemend kan belemmer.

- Wat die onderwyser betref, mag hierdie onbevredigende ervaring bestaande negatiewe houdings, oortuigings of beskouings oor die betrokke leerders, wiskunde en die leer daarvan versterk, asook 'n reeds gebrekkige pedagogiese kennisbasis verder verwring. Dit kan onder meer daartoe lei dat nog laer leerverwagtings van die betrokke leerders gekoester word, of dat die onderwyser se selfvertroue of gevoel van selfdoeltreffendheid ondermyn word. Uiteindelik kan dit tot wat Davis (1984:8) 'n toenemende bose kringloop van ondoeltreffende wiskundeonderrig en -leer genoem het, bydra (kyk ook 3.2.1).

Dit spreek natuurlik vanself dat die besondere aard van die wiskundeleertake wat uitgevoer moet word, ook die aard van die onderrig-leersamehang wesenlik sal beïnvloed. Die spesifieke leertake wat in 'n spesifieke geval relevant is, behoort dus geïdentifiseer en die beplande onderrig-leersituasie verreken te word. Hiertoe behoort spesifieke doelstellings en doelwitte vir elke onderrig-leersituasie gestel te word. Die doelstellings wat in die vakkurrikulum vir skoolwiskunde gestel word, bied 'n breë raamwerk waarteen sodanige onderrig- en leerdoelstellings en -doelwitte bepaal kan word.

Die samehang van die kurrikulum- en onderrig-leerdoelstellings in skoolwiskunde word vervolgens nader toegelig.

4.2.2.3 Doelstellings van skoolwiskundeonderwys

Die "Standards Program" (vergelyk NCTM, 1989,1991,1995) het 'n beduidende bydrae tot die ontwikkeling van doeltreffende en relevante skoolwiskundeonderwys in die VSA gelewer. Hiervolgens word die skoolwiskundonderwys op die bereiking van gemeenskapgerigte ("societal"), algemene en spesifieke kurrikulumdoelstellings gerig. Hierdie program het ook die skoolwiskundeonderwys in ander wêrelddele, waaronder Suid-Afrika, beïnvloed. In ooreenstemming met die "Standards" stel

Glencross (1991a:8) byvoorbeeld dat *alle* wiskundeleerders in Suid-Afrikaanse skole:

- behoort te leer om die waarde van wiskunde te begryp,
- se selfvertroue om wiskunde te doen, ontwikkel moet word,
- wiskundige probleemoplossers behoort te word,
- behoort te leer om wiskundig te kommunikeer,
- behoort te leer om wiskundig te redeneer.

Daar word met Glencross (*ibid.*) saamgestem dat hierdie doelstellings, en dus ook die "Standards Program", essensiële implikasies vir die doelgerigte beplanning van onderrig-leersituasies in wiskundeklasse het, naamlik:

> "... first that our pupils should be exposed to numerous and various inter-related experiences that collectively encourage them to value mathematics; second, that the opportunity for all students to experience varied mathematical activities '*is at the heart of our vision of a quality program*' (NCTM, 1989:5); third, that the underlying premise is that '**what** *a [pupil] learns depends to a great degree on* **how** *he or she has learned it*' (NCTM, 1989:5)." [Klem soos in die oorspronklike bron.]

Ten einde hierdie hoë mikpunte te kan haal, bepleit Glencross (1991a:8-9) 'n samehangende raamwerk van gemeenskapgerigte, algemene en spesifieke kurrikulumdoelstellings vir wiskundeonderwys in Suid-Afrikaanse skole. In aansluiting by die Britse Departement van Onderwys en Wetenskap (1987) onderskei hy vyf kategorieë van doelstellings in sodanige raamwerk (vergelyk ook Engelbrecht, 1990: 301):

1. *Feitekennis*: leerders behoort die basiese wiskundige feite wat nodig is dat hulle met selfvertroue kan vorder, aan te leer.
2. *Vaardighede*: leerders behoort 'n wye verskeidenheid relevante rekenkundige en algebraïese berekeningsvaardighede, asook ruimtelike vaardighede tot op 'n aanvaarbare vlak van uitvoering te bemeester.
3. *Konseptuele strukture*: leerders behoort ryk onderling verbinde en betekenisvolle kennisstrukture te ontwikkel, waaronder roetines wat vir die uitvoering van vaardighede benodig word, asook die verwantskap tussen wiskundige begrippe en die vermoë om dit in konteks te gebruik.

4. *Algemene strategieë*: leerders behoort te leer hoe om geskikte prosedures en relevante kennis te selekteer en te gebruik om probleme op te los of om ondersoeke uit te voer.

5. *Persoonlike hoedanighede*: leerders behoort 'n 'positiewe' houding teenoor wiskunde, asook 'goeie' werk- en studiegewoontes te ontwikkel, ten einde in staat te wees on wiskunde doeltreffend te leer.

Voormelde invloede en pleidooie vind dan ook neerslag in die Interim Sillabusse vir wiskunde, wat met ingang van 1995 in Suid-Afrikaanse skole geïmplementeer is (Nasionale Departement van Onderwys, *s.a.*). Gemeenskapgerigte, algemene en spesifieke kurrikulumdoelstellings word dan ook eksplisiet daarin gestel. Hiervolgens behoort die onderrig en leer van wiskunde in Suid-Afrikaanse skole onder meer op die ontwikkeling van die volgende gerig te wees:

- om leerlinge in staat te stel tot die uitbreiding van hulle wiskundige kennis en vaardighede;
- om leerlinge in staat te stel om wiskunde in ander vakke en in alledaagse situasies toe te pas;
- om insig te ontwikkel in ruimtelike verwantskappe en meting;
- om leerlinge in staat te stel om wiskundige begrippe en patrone deur eksperimentering, ondersoek en hipotesestelling en -toetsing ("conjecture") te ontdek;
- om getalbegrip, berekeningsvaardighede en skattingsvermoë te ontwikkel;
- om die vermoë om logies te redeneer, te veralgemeen, te spesialiseer, te organiseer, analogieë te maak en bewys te voer te ontwikkel;
- om leerlinge in staat te stel om werklike situasies, wat wiskundig voorgestel kan word, te herken, toepaslike wiskundige modelle te formuleer en geskikte oplossings te selekteer en in werklikheidsverband te interpreteer;
- om die vermoë om wiskundige taal te verstaan, interpreteer, lees, praat en skryf te ontwikkel;
- om 'n ondersoekende ingesteldheid teenoor wiskunde te ontwikkel;
- om 'n waardering van die plek van wiskunde en wye toepassing daarvan in die samelewing te ontwikkel;

- om basiese wiskundige voorbereiding met die oog op toekomstige studie en beroepsbeoefening te bied;
- om 'n bewustheid van en waardering vir die bydraes van mense vanoor die hele wêreld tot die ontwikkeling van wiskunde te skep.

Voormelde uitkomste van skoolwiskundeonderrig sluit ten nouste aan by die kern-uitkomste ("critical cross-curricular outcomes"), wat in *Kurrikulkum 2005* gestel word, aan en in die besonder by die spesifieke uitkomste ("specific outcomes") wat vir die wiskundeleerarea gestel word (Nasionale Departement van Onderwys, 1997:109-110).

Dit is reeds voldoende aangetoon dat onderrig en leer doelgeoriënteerde menslike handelinge is en dat onderrig op die bemoontliking van leer gerig behoort te wees (kyk 2.4.3 en 3.3.2, asook Cohen, 1993:792,794). Op grond hiervan kan sonder vrees vir teëspraak beweer word dat die onderwyser spesifieke doelwitte vir elke onderrigsituasie behoort te formuleer. Hiertoe word 'n drieledige onderrighandeling voorgestel:

- *Dit is noodsaaklik dat die wiskundeonderwyser ten aanvang spesifieke relevante leertake, wat die verwagte leerhandeling kan moontlik maak, sal identifiseer en ontleed* (Blumenfeld, Mergendoller & Swarthout, 1987:136; Doyle, 1988:168). Volgens Blumenfeld *et al.* (1987:136-140) hou dit in dat die onderwyser twee taakdimensies moet oorweeg, naamlik:
  - Die *taakinhoud*, wat op twee aspekte betrekking het:
    - ◊ Die *kognitiewe* leerdoelwit wat verwesenlik moet word, met inagneming van die kognitiewe vlak waarop die doelwit gerig is, byvoorbeeld kennis, begrip, toepassing, analise, sintese en evaluering.
    - ◊ Die *vakinhoud*, met inagneming van die verwagte inherente appèl ("appeal"), bekendheid en moeilikheidsgraad van dit wat geleer moet word.
  - Die *taakvorm*, wat op drie aspekte betrekking het:
    - ◊ Die *leeraktiwiteite*, met inagneming van die doel, moontlike voorvereiste vaardighede en die kompleksiteit van betrokke prosedures.

◊ Die verwagte *leeruitkomste*, wat die duidelikheid van sukses- of evalueringskriteria, voorvereiste vaardighede en die kompleksiteit van prosedures insluit.

◊ Die *sosiale verband* waarbinne die aktiwiteite uitgevoer en die uitkomste bereik moet word, met inagneming van die mate van interaktiwiteit en interafhanklikheid van die leerders, asook moontlike voorvereiste vaardighede en die kompleksiteit van prosedures.

- *Tweedens, behoort spesifieke onderrigtake, wat op die bemoontliking van die geïdentifiseerde leertake gerig is, geïdentifiseer en ontleed te word* (Hiebert & Wearne, 1993:395-396; Lappan & Ferrini-Mundy, 1993:627). Dit hou in dat die onderwyser die *inhoud*, sowel as die *vorm* van beplande onderrigtake sal ontleed en in terme van die uitvoering van die spesifieke leertake sal beoordeel en formuleer. Hiertoe is Hiebert en Wearne (1993: 395-396) dit met Doyle (1988:169-171) eens dat vier dimensies in hierdie geval verreken moet word, naamlik:
  * die *onderrigdoel* of verwagte uitwerking van die onderrighandeling;
  * moontlike *voorwaardes*, waaraan voldoen moet word, en *hulpbronne*, wat beskikbaar is, om die taak te kan uitvoer;
  * toepaslike *aktiwiteite* om hulpbronne daar te stel en te gebruik ten einde die doel te kan bereik; en
  * die relatiewe *belangrikheid* van elke taak.
- *Ten slotte, die onderwyser behoort beide die onderrig- en die wiskundeleertake in konstruktiewe operasionele terme te spesifiseer.* Dit hou in dat sodanige take in terme van evalueerbare aksies (handelinge) gedefinieer en gestruktureer word (Doyle, 1988:169).

4.2.2.4 Sintese

'n Ontleding van voorgaande doelstellings toon dat begripsontwikkeling of konseptualisering 'n grondliggende doelstelling van alle skoolwiskundeonderwys is; in die woorde van die opstellers van die Interim Sillabusse: "The forming of concepts remains the main aim of the teaching." Dit is ook duidelik dat die ontwikkeling van bepaalde algemene en wiskundige vaardighede en ingesteldhede eweneens

sentraal staan. Hierdie ontwikkeling vind egter in terme van 'n gevestigte konseptuele basis plaas, dit wil sê begripsvorming en -ontwikkeling bly die basis vir die bereiking van die geheel van doelstellings.

Met begripsverwerwing en -ontwikkeling in sodanige sentrale plek in die onderrig en leer van skoolwiskunde, behoort die onderwyser se primêre onderrigintensie deurgaans te wees om dit vir die betrokke leerders moontlik te maak om spesifieke wiskunde in 'n besondere interaktiewe konteks betekenisvol en met begrip te kan leer. Hiertoe is 'n grondige leer- en onderrigtaakontleding en -spesifisering deur die wiskundeonderwyser noodsaaklik.

Die verwesenliking van hierdie onderrigintensie stel besondere eise aan die leerinhoud, die onderwyser, die leerder en die interaksie waar skoolwiskunde onderrig en geleer word, asook aan die konteks waarbinne dit gebeur.

4.2.3 Inhoud as wesenstrek van wiskundeonderrig

4.2.3.1 Die aard van die leerinhoud

Dit is kenmerkend van wiskundige kennisstrukture dat dit 'n logiese en hiërargiese aard vertoon. Leerders kan byvoorbeeld nie betekenis aan ruimtelike verbande gee nie as hulle die hiërargie van meetkundige entiteite nie begryp nie. Soortgelyk, is hulle nie tot kenmerkende wiskundige take, soos doeltreffende bewysvoering, in staat nie as hulle die logiese samehang van bepaalde begrippe nie verstaan en respekteer nie. Daarteenoor dui voormelde ontologies-kontekstuele leerinhoud-beskouing daarop dat leerinhoud nie vanuit sodanige 'sekere' perspektief beskou en benader behoort te word nie. Dit wil dus voorkom asof daar spanning tussen die aard van wiskundekennis as dissipline en die ontologies-kontekstuele beskouing oor leerinhoud in skoolwiskunde bestaan.

Dit moet egter in aanmerking geneem word dat die spesifieke hiëragiese wiskundestrukture grootliks aan menslike konvensies of aksiomas toe te skryf is. Sou een stel konvensies met 'n ander stel vervang word, ontstaan 'n wesenlik verskillende kennisstruktuur. Deur van die Euklidiese postulate te laat vaar en met ander te vervang, word byvoorbeeld meetkundes gevorm waarin eienskappe geld wat strydig is met dié in Euklidiese meetkunde (kyk 3.2.2). In dieselfde sin kan die waargenome inherente logiese aard van wiskunde as relatief of feilbaar beskou word. Daar bestaan verskillende logiese stelsels en die nie-strydigheid (konsistensie) van geen

logika kan vanuit die logiese stelsel self bewys word nie, soos Gödel dan ook aangetoon het (kyk 3.2.2).

Die relatiwiteit van dissipline-inhoude behoort dus in die beplanning van die skool-wiskundekurrikulum en van onderrig-leersituasies in berekening gebring te word. Dit alleen los egter steeds nie die spanning tussen die hiërargiese gestruktureerde aard van vakinhoude en die persoonlike gerekonstrueerde kennisnetwerk in die individuele verstand op nie. Dit is steeds moontlik dat 'n individuele leerder op grond van eie unieke voorkennis en lewenservaringe inligting anders verwerk, verbind en beteken as wat 'n vakspesialis dit sou doen. Leerders beleef wiskunde-inhoude dus nie noodwendig as hiërargiese en goedgestruktureerde inhoude nie, maar mag juis probleme ondervind om aan die 'hiërargie' betekenis te kan gee en om tot die 'struktuur' te kan deurdring. Dit impliseer noodwendig 'n bepaalde spannings-verhouding tussen onderrig- en leerhandelinge, wat weer tot die vorm-betekenis dualisme (kyk 2.2.2.3) mag lei, indien laasgenoemde spanningsverhouding nie doeltreffend benut word nie.

Die implikasie hiervan is duidelik: leerinhoud moet nie as doel op sigself beskou word nie, maar eerder as 'n waardevolle instrument tot doelbereiking. Leerinhoud is doeltreffend in die mate waarin dit instrumenteel tot die skep van betekenisvolle geleenthede vir die leer van skoolwiskunde met begrip bydra (kyk 2.2.3.2 en 2.4.3.3). So nie, is doeltreffende wiskundeonderrig nie moontlik nie.

4.2.3.2 Leerinhoudbeskouing

Die beperkende uitwerking van 'n Platoniese staties-formalistiese vak- en leer-inhoudbeskouing en 'n gepaardgaande 'vaste agenda'-kurrikulumbeskouing op die doeltreffende onderrig en leer wiskundige begrippe is voldoende aangetoon (kyk 3.2.2.1 en 2.3.5). Hiervolgens word wiskundeleerinhoud op sigself as doel beskou met die gevolg dat die wiskundekurrikulum, sowel as onderrig-leersituasies gevolglik op 'n inhoudgerigte wyse benader word. Die mikpunt is om geselekteerde en hoogs hiërargies gestruktureerde wiskundeleerinhoude in 'n vaste orde op 'n voorskriftelike onderwysergesentreerde wyse aan die leerders 'oor te dra'.

Daarteenoor word 'n leerdergesentreerde en leerbemoontlikende benadering tot wiskundeonderrig vanuit die ontologies-kontekstuele perspektief voorgestaan. Sodanige benadering is egter nie moontlik nie indien die leerinhoud en kurrikulum in staties-formalistiese terme beskou en benader word nie (kyk 2.3.5, 3.3.2 en 3.4.2). Die argumentasie in hoofstukke 2 en 3 (kyk 2.4.3.3, 3.3.2 en 3.4.3) dui daarop dat

die verwerwing en ontwikkeling van wiskundige begrippe eerder vanuit 'n relativisties-dinamiese 'groei-en-verander'-perspektief beskou behoort te word. Hiervolgens kan inhoud nie aan leerders oorgedra word nie, maar vind 'n deurlopende (re-) konstruksie van wiskundige begrippe en konstrukte in terme van voorkennis en bestaande ervaringe plaas, waardeur 'n dinamies-veranderende netwerk van wiskundige en verwante idees voortdurend uitgebrei en aangepas word.

Die implikasie hiervan is duidelik: die wiskundeonderwyser behoort leerinhoude *nie* as afgeronde en intern stabiele en nie-strydige kenniseenhede te beskou en te benader nie, maar eerder as inligting wat deur doelgerigte, aktiewe, konstruktiewe en kumulatiewe handeling, aan die hand van voorkennis en wiskundige take en ervaringe, in 'n steeds uitbreidende en veranderende netwerk van betekenisvolle wiskundige idees geïntegreer moet word (kyk 2.2.3.3). So nie, is doeltreffende wiskundeonderrig nie moontlik nie.

4.2.3.3 Die seleksie en ordening van leerinhoud in skoolwiskunde

Dit is duidelik dat die wiskunde-inhoude, wat op skool onderrig moet word, die onderwyser van instrumente moet voorsien om doeltreffende wiskundeonderrig moontlik te maak. Dit is egter eweneens duidelik dat dieselfde inhoude ook aan die leerders instrumente en geleenthede tot betekenisvolle leer met begrip moet bied. Om aan hierdie hoë eise te kan voldoen, is noodsaaklik dat onderrig- en leerinhoude doelgerig geselekteer en georden moet word - in die kurrikulum, sowel as met die oog op die onderrig-leersituasie. Hiertoe behoort aan bepaalde kriteria voldoen te word.

Die doel is nie om hier sodanige kriteria af te lei of te evalueer nie, maar om die toepassing van aanvaarde kriteria tot voordeel van die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde te ondersoek. Hiertoe bied 'n sintese van die kriteria, wat deur Wheeler (1979:218-226), Steyn (1982:69-72), Fraser *et al.* (1990:122-127), Gunter *et al.* (1995:44-45) en Carl (1995:111-113) met betrekking tot die seleksie en ordening van leerinhoud gestel word, voldoende geleentheid.

Kriteria vir die seleksie van leerinhoud in skoolwiskunde

Vooraf dien opgemerk te word dat daar ooglopende ooreenkomste tussen die volgende seleksiekriteria en die onderrig- en leerdoelstellings wat vir skoolwiskunde gestel word (kyk 4.2.2.3), op te merk is. As die onderlinge samehang van die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig egter in gedagte gehou word, is

hierdie ooreenkomste egter nie toevallig nie, maar eerder noodwendig. Verder kan die kriteria ook nie kompartementeel van mekaar geskei word nie, maar is daar 'n mate van oorvleuling tussen kriteria wat erken en gehandhaaf moet word. Hierdie oorvleuling is eweneens nie toevallig nie, maar bevestig juis op die vervlegtheid van die kriteria en dui ook verder op die integrale aard van die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrigsituasies.

In aansluiting by 2.4.3 staan die bespreking van die afsonderlike kriteria dan ook in die teken van 'n bepaalde geheelbeskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig om sodoende standpunt teen 'n gefragmenteerde hantering van wiskundeleerinhoude en van die komponente van wiskundeonderrig-leersituasies in te neem (vergelyk ook Hoyles, 1988).

- *Leerinhoud moet die verwesenliking van die gestelde doelstellings en doelwitte moontlik maak.* Dit moet naamlik 'n geskikte instrument tot doelbereiking wees. Die kurrikulum- en leerinhoude moet die bereiking van *al* die gestelde doelstellings en doelwitte moontlik maak, so nie is die kurrikulum of die leerinhoud ongeldig of onvolledig. Wiskundekurrikuleerder moet sorg dra dat die *hele* spektrum van vakdoelstellings aan die hand van die geselekteerde inhoude bereik kan word. As die vakkurrikulum byvoorbeeld ten doel het om leerders se begrip en waardering van die waarde van wiskunde te ontwikkel, maar geen lewenswerklike of -relevante wiskundige situasies word as leerinhoud ingesluit nie, dan is sodanige kurrikulum dus ongeldig.

  Soortgelyk moet wiskundeonderwysers toepaslike leerinhoude vir onderrigleersituasies selekteer sodat die bereiking van elke onderrig- en leerdoelwit daardeur bemoontlik word. As die doel van 'n spesifieke les byvoorbeeld is dat leerders sekere probleemoplossingsvaardighede moet bemeester, sal lang reekse driloefeninge oor die vier hoofbewerkings beslis ongeldig wees.

- *Leerinhoud moet realisties, hanteerbaar, toeganklik en lewenskragtig wees.* Dit is alreeds herhaaldelik beklemtoon dat doeltreffende wiskundeonderrig noodwendig leerdergesentreer en op die bemoontliking van betekenisvolle wiskundeleer met begrip gerig is. Hiertoe is dit noodsaaklik dat die inhoude, aan die hand waarvan onderrig en geleer moet word, vir die leerders toeganklik en hanteerbaar behoort te wees. Daarby verhoog 'n realistiese konteks die moontlikheid van betekenisgewing (kyk 3.4.3.6) en dra ook by tot die verhoging van die lewenskragtigheid van die leerinhoud, wat nood-

saaklik vir 'groei-en-verander' en geldige rekonstruksie van kennis is (kyk 3.2.2.2, 3.4.3.3 en 3.4.3.4). Enkele voorbeelde behoort hierdie punt verder te illustreer:

> Die ondersoek, ontdekking en toepassing van getalpatrone kan kragtige moontlikhede vir die uitbreiding van getalbegrip bied. As hierdie aktiwiteite as 'akademiese spel' of 'intellektuele gimnastiek' los van enige werklikheidskonteks benader word, word die aktiwiteit daardeur vir die leerder ontoeganklik en onhanteerbaar. Sodoende gaan betekenisvolle leergeleenthede grootliks daardeur verlore. Die aktiwiteite kan egter aan die hand van werklikheidsgebaseerde ondersoeke van byvoorbeeld pakkingspatrone van kelkblare of sonneblompitte geskied. Sodoende word die leerinhoud nie alleen meer toeganklik en hanteerbaar vir die leerders nie, maar word meer lewenskragtige en betekenisvolle geleentheid tot integrering en uitbreiding van die wiskundige kennisnetwerk gebied.
>
> Navorsing bevestig die ervaring van wiskundeonderwysers wêreldwyd dat die tradisionele hantering van meetkunde bloot as 'n logiese wiskundige stelsel, problematies vir die onderrig en leer van meetkunde is (Henderson, 1995). Leerders vind meetkunde egter meer toeganklik, hanteerbaar en verstaanbaar as die onderrig en leer van meetkunde konseptueel aan die hand van ondersoeke van werklikheidsgetroue inhoudselemente in werklikheidsgebaseerde situasies verloop (Henderson, 1996:xiii-xv; Serra, 1993:v).

- *Leerinhoude moet relevant wees.* Dit is feitlik ondenkbaar dat leerinhoud vir leerders betekenisvol kan wees sonder dat dit vir hulle relevant is. Hierdie 'relevansie' van leerinhoud suggereer dat die inhoud by verwagtings, doelwitte, ervarings, voorkennis, behoeftes, probleme en begeertes van individue in die onderrig-leersituasie sal aansluit (Fraser *et al.*, 1990:126). As sodanig medebepaal dit dus die individu se belewing van die waardevolheid en belangrikheid van die leerinhoud en die onderrig-leersituasie. Gevolglik is dit van kardinale belang dat wiskundekurrikuleerders en -onderwysers sal sorgdra dat leerinhoude, wat vir die leerders relevant is, vir gebruik tydens onderrig-leersituasies beplan en ingesluit word. Enkele voorbeelde behoort hierdie punt te illustreer:

  > Basiese bewerkings en standaardalgoritmes, soos finale bewerkingstegnieke, en –prosedures, soos probleemoplossing en bewysvoering, is van

die kerninhoude wat in skoolwiskunde onderrig en geleer word. Hierdie bewerkings, algoritmes en prosedures word egter tradisioneel as 'kliniese' of 'suiwer' wiskundige entiteite beskou en onderrig (kyk 3.2.2.2), wat daartoe lei dat dit van die realistiese verband gestroop word. Dit dra weer daartoe by dat die 'kliniese' algoritmes en prosedures vir leerders ontoeganklik gemaak word en dat hulle nie in staat is om die relevansie daarvan te verstaan nie. Die uiteinde is dat betekenisvolle leer daarvan met begrip geïnhibeer word en dat leerders begin om skoolwiskunde op 'n digotomiese wyse van 'werklike' wiskunde te skei (kyk 2.2.2.3, 3.3.2.1 en 3.4.2.2). Daarom behoort wiskundeonderwysers sorg te dra dat leerders bewerkings, algoritmes en prosedures, soos alle grondliggende wiskundige konseptuele raamwerke, op 'n natuurlike 'groei-en-verander'-wyse in 'n relevante realistiese konteks kan aanleer.

Die eis van relevansie, en toeganklikheid, hou dus in dat die 'natuurlike' inherente ontwikkelingsaard van wiskundeleerinhoude, asook die realistiese konteks waarbinne wiskundige kennis, vaardighede en ingesteldhede groei en ontwikkel, tydens kurrikulering en onderrig-leerbeplanning gerespekteer moet word. In werklikheid moet dit as inherente deel van die leerinhoud self beskou en verreken word. Daar word met Stols (1996:87) saamgestem dat die historiese ontwikkelingskonteks van wiskunde hiertoe 'n noodsaaklike bydrae kan lewer. Wiskunde moet inderdaad deurgaans as 'n tipiese menslike handeling beskou en benader, onderrig en geleer word (kyk 3.4.3.6).

- *Leerinhoud moet stimulerend en motiverend wees.* Dit is reeds gestel dat leer onder meer 'n aktiewe en doelgeoriënteerde inligtingsverwerkingsproses is en dat leerinhoud instrumenteel tot die bemoontliking van leer moet bydra. Op grond hiervan is dit duidelik dat die wiskundeleerinhoude ook spesifiek met die oog op stimulering van en motivering tot die leerhandeling gekies moet word. Dit hou in dat die inhoude, asook die handelinge daarmee, vir die leerders interessant en relevant moet wees. Inhoude kan om verskillende redes interessant wees:

  * Die leerinhoude kan in werklikheidsverband interessant wees, deurdat dit direk met belangwekkende gebeure in die leerders se leefwêreld verband hou. Byvoorbeeld, die elektroniese berekeninge wat die werking van rekenaars ten grondslag lê, berus op die binêre en heksadesimale grondtalstelsel. Daarom mag leerders grondtal 2 of

16 interessanter as grondtal 3 of 5 vind om te leer. Die wiskunde-onderwyser kan gevolglik die grondtalwerk met die interessantste stelsels begin en later tot ander stelsels oorgaan. Stols (1996:87) wys tereg daarop dat die historiese ontwikkelingskonteks van wiskunde ook 'n waardevolle bydrae in hierdie verband kan lewer.

* Die leerinhoud kan ook in 'n wiskundige verband interessant wees, dit wil sê die wiskunde wat leerders doen, is vanself so interessant dat hulle nog meer verbandhoudende wiskunde wil leer. Byvoorbeeld, die historiese gebeure wat tot die ontstaan of ontwikkeling van bepaalde wiskundige entiteite gelei het, of van die persone wat daarby betrokke was, mag besonder interessant wees. Dit mag vir leerders interessant wees dat 'n groot gedeelte van die moderne 'teorie van die oplos van algebraïese vergelykings' ontwikkel en gebruik is *voordat* wiskundige simbole ingevoer en/of algemeen gebruik is (Stols, 1996:34). Dit mag hulle weer tot intuïtiewe, en selfs formele, eksplorasie van oplostegnieke, asook meer begripmatige simboolgebruik aanspoor (Kieran, 1992:413). Ondersoeke van ruimtelike of getalpatrone kan as sodanig so interessant vir leerders wees, dat hulle op grond daarvan tot verdere ondersoeke en leer van wiskundige begrippe en prosedures aangespoor kan word. Voorbeelde is die invloed en waarde van wiskunde-gebaseerde spel met 'n Rubick-kubus®, "Math 24"®, domino- en boublokkies, of ondersoeke van dekpatrone en fraktale, wat leerders so kan boei dat hulle hoër orde patrone en fraktale wil soek en ondersoek. Die potensiële waarde van die historiese ontwikkelingskonteks van wiskunde vir die doeltreffende onderrig en leer daarvan blyk weer eens hieruit.

- *Leerinhoud moet die leerders se bestaande voorkennis en behoeftes in ag neem.* Leer is ook 'n konstruktiewe en kumulatiewe handeling, dit wil sê nuwe leer bou op bestaande kennis (kyk 2.2.3.3). Wiskundekurrikuleerders en -onderwysers moet in hulle beplanning en ontwerp seker maak dat daar aan hierdie opboubeginsel uitvoering gegee word. Die vraag oor die hiërargiese struktuuraard van wiskunde-inhoude, al dan nie, is hier van besondere belang: indien onderwysers die formele hiërargiese dissiplinestruktuur op leerders probeer afdwing, mag dit eerder die doeltreffendheid van die leerinhoud kortwiek as bevorder. Die opbou moet dus in terme van die leerders

se bestaande kennis en leerbehoeftes en -wyses beplan en gestruktureer word, en *nie* in terme van die formele hiëragiese dissiplinestruktuur nie.

- *Leerinhoud moet geleentheid tot self-ontdekking bied.* Die essensiële bydrae van ontdekkende of ondersoekende aktiwiteite tot die betekenisvolheid en begripmatigheid van wiskundeleerhandelinge kan nie betwyfel word nie (kyk 3.4.3.2). Aangesien wiskundeonderrig op die bemoontliking van sodanige outentieke wiskundeleerhandelinge gerig behoort te wees, moet die skool-wiskundeleerinhoud dan ook instrumenteel tot die bemoontliking van doeltreffende en outentieke ontdekkings- en ondersoekaktiwiteit bydra. Dit hou nie alleen in dat elke leerder die geleentheid gebied moet word om self te ondersoek en te ontdek nie, maar dit moet ook daartoe bydra dat die leerder hom- of haarself as wiskundeleerder kan ontdek en leer ken. Sodoende kan die leerinhoud tot die ontwikkeling en bevordering van leerders se selfkennis, selfbegrip en gevoel van selfdoeltreffendheid bydra, wat algemeen as noodsaaklike attribute van doeltreffende leer erken word.

  Wiskundeonderwysers moet dus tydens die beplanning van onderrig-leersituasies in die besonder daarop bedag wees dat die geselekteerde leerinhoud toepaslike self-ondersoek- en self-ontdekkingsgeleentheid bied.

- *Leerinhoud moet die ontwikkeling van toepaslike wiskundige denkvaardighede, ingesteldhede en waardes, en psigo-motoriese vaardighede moontlik maak.* Hierdie eis hang nou saam met van die voormelde eise. Die doelstellings van wiskundeonderrig is onder meer op die ontwikkeling van sodanige vaardighede, ingesteldhede en waardes gemik (kyk 4.2.2.3). Daarby kan geargumenteer word dat sodanige vaardighede, ingesteldhede en waardes noodsaaklike voorwaardes vir 'outentieke wiskundehandelinge' is (kyk 3.4.3). Sonder die nodige voorvereiste denk- of psigo-motoriese vaardigheid kan 'n leerder byvoorbeeld nie meetkundige konstruksies betekenisvol aanpak, uitvoer of interpreteer nie. Soortgelyk is 'n bepaalde kritiese, 'oop' en waarderende ingesteldheid noodsaaklik vir doeltreffende en kreatiewe ondersoek en oplos van werklikheidsgetroue probleemsituasies.

  Aangesien leerinhoud as 'n instrument tot doelbereiking beskou word, moet wiskundekurrikuleerders en -onderwysers gevolglik deurlopend daarop bedag bly dat geselekteerde leerinhoude ook aan hierdie eis voldoen.

- *Leerinhoude moet prakties haalbaar wees.* Die praktiese haalbaarheid van leerinhoude impliseer eerstens dat die leerinhoude by leerders se bestaande vlakke van voorkennis, vaardigheid en lewenservaring sal aansluit. So nie sal wiskundeleerders nie betekenisvolle leerhandelinge aan die hand van die geselekteerde inhoude kan uitvoer nie. Die volgende voorbeeld dien ter illustrasie hiervan:

  Die begrippe 'verhouding' en 'eweredigheid' bou op die breukebegrip voort. Indien 'n leerder egter slegs aan 'n breuk as 'een van 'n aantal gelyke dele van *een* geheel' dink, mag dit vir hom of haar feitlik onmoontlik wees om betekenis aan die verhouding van die lengtes van twee of meer lynstukke, asook waargenome eweredighede in hierdie verband, te kan gee. Hierdie leerder se breukbegrip mag hom of haar moontlik in staat stel om 'n enkele lynstuk met begrip inwendig in twee eweredige dele te verdeel, maar dit mag vir hom of haar onmoontlik wees om die uitwendige verdeling van 'n lynstuk te begryp as hy of sy geen ervaring of begrip van werklike situasies het waarin sodanige eweredige verdelings noodsaaklik is nie.

  Die praktiese haalbaarheid van spesifieke leerinhoud is dus ook afhanklik van die leerders se kennis en vaardigheid ten opsigte van vorige leerinhoude en –ervarings. Die praktiese haalbaarheid van leerinhoud impliseer dus ook dat die kumulatiewe aard van leer (kennisontwikkeling) gerespekteer behoort te word (kyk 2.2.3.3). Nuwe leerinhoude moet dus ook in terme van vorige inhoude 'n bepaalde 'praktiese inhoudswaarde' hê en daar behoort 'n bepaalde kontinuïteit in die 'opbou' van leerinhoude in die kurrikulum en onderrig-leerprogram te wees.

  Voormelde voorbeeld suggereer egter 'n derde implikasie van die praktiese haalbaarheid van leerinhoud: leerinhoud moet ook uitvoerbare handelinge aan die hand van die inhoude moontlik maak. In terme van die aktiewe en konstruktiewe aard van die leerhandeling, vereis leerbemoontlikende leerinhoud dat leerders bepaalde konstruktiewe handelinge sal uitvoer. Indien die leerinhoud egter nie sodanige prakties uitvoerbare handelinge vir die besondere leerder moontlik maak nie, is die inhoud prakties onhaalbaar en dus ondoeltreffend. 'n Enkele voobeeld behoort hierdie punt te illustreer:

  Die tradisionele meetkundekurrikulum veronderstel wesenlik dat leerders op die formele vlak van wiskundige denkontwikkeling is, sonder dat hulle tot op

daardie vlak ondesteun en begelei word in die voorgaande fases van die kurrikulum (kyk 3.4.3.6). Daar word byvoorbeeld van hulle verwag om ruimtelike denkhandelinge aan die hand van meetkundige inhoude uit te voer ten einde 'n hiërargie van Euklidiese stellings te bewys. Hulle ruimtelike denke en vaardigheid mag egter nog op die laer visuele of beskrywende vlak wees; met die gevolg dat hulle nie in staat is om die betrokke inhoude betekenisvol en met begrip te hanteer nie, en ook nie om die verwagte leerhandelinge prakties aan die hand daarvan uit te voer nie. Daarteenoor veronderstel die eis van praktiese uitvoerbare leerinhoude dat daar 'n geleidelike opbou en ontwikkeling van ruimtelike denke en vaardighede aan die hand van 'prakties waardevolle' inhoude in die kurrikulum sal plaasvind en dat nuwe leerinhoude telkens aan die hand van prakties uitvoerbare leerhandelinge geleer kan word.

- *Leerinhoud moet voorsiening maak vir leerderinsette en -keuses.* Vanweë die persoonlike aard van leer, asook die individuele aard van belangstelling, aanleg en vermoëns, moet dit verwag word dat leerders op grond van verskillende voorkennis of ervaring nie alle leerinhoude ewe betekenisvol, relevant, prakties waardevol of interessant mag vind nie. Dit impliseer dat alle leerinhoude nie dieselfde 'realistiese konteks' vir alle leerders het nie en dus nie vir hulle ewe 'leerbaar' in dieselfde onderrig-leersituasie sal wees nie, aangesien hulle nie tot dieselfde leerinsette en -keuses gereed of bereid mag wees nie (kyk 3.4.3.3, 3.4.3.4 en 3.4.3.6). Daar moet dus reeds tydens die keuse van leerinhoud doelbewus met verskillende leerderinsette en -keuses ten opsigte daarvan rekening gehou word. So nie mag die leerinhoud deur die leerders as ondoeltreffend beleef word. 'n Enkele geval, wat in die Suid-Afrikaanse onderwysopset van toenemende belang is, dien ter illustrasie hiervan:

  In 'n multikulturele klasopset mag die verskille in leerders se wiskundige voorkennis of ervaringswêrelde tot verskillende kultureel-, geneties- of omgewingsbepaalde 'betekeningsmoontlikhede' ten opsigte van die leerinhoude lei (Nieuwoudt & Viljoen, 1996). Hierdie verskillende betekeningsmoontlikhede is nie noodwendig botsend nie, maar mag onderling komplementerend wees, veral as die doeltreffende benutting van koöperatiewe leer van skoolwiskunde in ag geneem word (kyk 3.4.3). Wiskundekurrikuleerders en -onderwysers moet daarom tydens die keuse van wiskundeleerinhoude

moontlike sodanige verskille antisipeer, identifiseer, verreken en insluit (Van Niekerk, 1997:282).

Voormelde situasie kom natuurlik nie uitsluitlik in multikulturele wiskunde-klasse voor nie. Selfs leerders in 'monokulturele' klasse kan uit wesenlik verskillende 'wiskundige omgewings' kom. Byvoorbeeld, sommige leerders mag aan 'n hoë wiskundig-tegnologiese vlak blootgestel wees, terwyl ander feitlik geen sodanige blootstelling ervaar nie. Gevolglik mag hierdie leerders ook deur wesenlik verskillende ingesteldhede teenoor wiskundeleerinhoude en -leeraktiwiteite gekenmerk word. Op grond hiervan mag leerders se gereedheid, bereidheid en keuse om sakrekenaars, veral meer gevorderde grafiese of programmeerbare sakrekenaars, en persoonlike rekenaars te benut of gebruik wesenlik verskil.

- *Leerinhoude moet verteenwoordigend van wiskunde as dissipline wees, en wat omvang en diepte betref, gebalanseerd wees.* Dit is onmoontlik om 'n ensiklopediese geheel van wiskundekennis as dissipline in enige kurrikulum in te sluit. Daar moet dus noodwendig eksemplaries te werk gegaan word om die terrein van essensiële wiskunde denke, kennis, vaardighede en gesindhede te bestryk. Slegs wesenlike inhoudsdele wat instrumenteel tot die verwerwing van hierdie denke, kennis, vaardighede en gesindhede kan bydra, behoort ingesluit te word. Hierdie beperking met betrekking tot die insluiting van leerinhoud moet egter nie die 'natuurlike' band tussen skool-wiskunde-inhoude en verbandhoudende inhoude op ander terreine misken nie (Smith, 1997:23).

  Die kollektiewe bydrae van hierdie samehangende inhoudsdele moet egter ook oorweeg word wanneer leerinhoude vir doeltreffende wiskundeonderrig geselekteer word. Dit mag daartoe lei dat inhoudsdele meer ekonomies en doeltreffend geselekteer kan word. Sodoende kan 'n situasie waarin die omvang van wiskunde-inhoude ten koste van die diepte van inhoudsverwerwing beklemtoon word, vermy word. Die geselekteerde kennisdele moet dus afsonderlik, maar ook in geheel instrumenteel tot die diepte van die begrips-, insig-, vaardigheids- en gesindheidsverwerwing bydra. Dit impliseer egter nie dat sodanige diepte van inhoudsverwerwing nagestreef moet word, dat die leerders 'alles van feitlik niks af weet, maar niks van feitlik alles af weet nie'.

Die sleutel bly steeds dat slegs inhoude wat ten opsigte van die bemoontliking van die verwagte wiskundeleer tot op die verwagte vlak van betekenisvolheid en begrip noodsaaklik is, geselekteer behoort te word. Hiertoe vorm die kurrikulum- en onderrig-leerdoelstellings die verwysingsraamwerk in die lig waarvan besluitneming oor die omvang en diepte van geslekteerde inhoude behoort te geskied. Enkele voorbeelde behoort die punt te illustreer:

Daar is bepaalde 'bewerkings' ("operations") wat die wiskundeterrein ten grondslag lê. 'Bewerking' moet hier in die wydste moontlike sin denkbaar vertolk word. Dit is noodsaaklik dat wiskundeleerders op skool van hierdie grondliggende wiskundige bewerkings ontdek, ontleed en met begrip aanleer en kan toepas. Dit is egter nie noodsaaklik of moontlik om *alle* bekende sodanige bewerkings op skoolvlak in te sluit of uit te voer nie. Sekere leertake en -doelwitte kan op gesofistikeerde wyses aan die hand van abstrakte wiskundige bewerkings, soos induksie- en kontra-positief- of komplekse analisetegnieke, uitgevoer of bereik word, maar hierdie tegnieke is vir die 'normale' skoolleerder ontoeganklik. Dit mag egter moontlik wees om om hierdie skynbare struikelblok te stuur deur die formele tegnieke met 'n kombinasie van elementêre en ontoeganklike bewerkings, wat op 'n meer intuïtiewe wyse uitgevoer word, te vervang. Probleemoplossing en meetkundige bewysvoering is 'n sprekende voorbeelde van wat hier bedoel word (kyk 3.4.3).

Die funksiebegrip is 'n sleutelbegrip in wiskunde en ook 'n ryk begrip. Daar is baie funksies wat vir die mens, die wetenskap en die tegnologie van kernbelang is. Tog kan slegs 'n relatief klein aantal van hierdie funksies in die vakkurrikulum vir skoolwiskunde ingesluit word. Die hoofdoel is dat die kernbegrip 'funksie' betekenisvol aan die hand van relevante voorbeelde en nievoorbeelde (Gunter *et al.*, 1995:100) aangeleer word. Hiertoe is eenvoudige en elementêre lineêre, kwadratiese, eksponensiaal- en trigonometriese of goniometriese funksies, en hulle inverses voldoende. Hiperboliese funksies het byvoorbeeld net sulke 'interessante' en 'eienaardige' eienskappe as die trigonometriese funksies, maar is in terme van skoolleerders se ervaringsveld 'lewensvreemd' en abstrak, en is daarom nie geskik as algemene leerinhoud vir skoolwiskunde nie. Bowendien is die voormelde eenvoudige en relevante eksemplare, wat omvang en diepte betref, reeds 'verteenwoordigend' van hierdie subterrein van die wiskunde.

- *Leerinhoud moet op wesenlike menslike behoeftes gerig wees.* 'Normale' mense het ongetwyfeld in hulle beroeps-, gemeenskaps- en persoonlike lewe behoefte aan bepaalde wiskundekennis, -vaardighede en ingesteldhede. Indien van hierdie 'lewensinhoudelike' wiskunde egter in 'n vakkurrikulum of onderrig-leerprogram vir skoolwiskunde van die teikengroep leerders 'weerhou' word, gaan daardie kurrikulum of onderrig-leerprogram mank aan essensiële inhoud met die oog op "toerusting vir die toekomstige roepings- en taakvervulling" (Steyn, 1982:71). As sodanig vertoon dit dus 'n gebrek aan 'maatskaplike relevansie' (Pratt, 1980:53; Steyn, 1982:72) en is dit gevolglik ongeldig en ondoeltreffend.

In hoofstuk 3 is aandag aan 'n verskeidenheid beskouings en oortuigings oor skoolwiskunde gegee (kyk byvoorbeeld 3.2). Hiervolgens blyk dit dat skoolwiskunde-inhoude dikwels ter wille van die wiskunde self of ter wille van die 'denk-dissiplinerende' krag daarvan ingesluit, onderrig en geleer word. Dit lei egter onder meer tot 'n digotomiese skeiding van skoolwiskunde en 'werklike' wiskunde. Die voormelde skeefgetrekte meetkundeonderwys wat tans nog hoogty vier in skoolkurrikula sou ook hieraan toegeskryf kon word (kyk ook 3.4.3.6). Verder hou dit ook die gevaar in dat leerders nie die doel en betekenis van die verwagte leerhandelinge in terme van hulle eie ervaringsraamwerke kan insien of verstaan nie en hulle mag die leer daarvan as 'sinlose leer' ervaar. Hulle het dus nie 'n behoefte aan die leer daarvan nie, en gevolglik kan hierdie inhoud as ongeldig en ondoeltreffend verwerp word (Pratt, *ibid.*). 'n Praktiese voorbeeld mag hierdie punt illustreer:

Probleme soos die volgende word algemeen gebruik met die oog op die ontwikkeling en inoefening van primêreskoolleerders se getal-, ontledings- en hipotesestelling- en -verfiëringsvaardigheid:

> *In die volgende som staan elke letter vir 'n getal van 0 tot 9. Vind die getalwaarde van elke letter.*
>
> ABAE
> + BFFE
> GEDCE

Dieselfde doel kan egter bereik word deur die 'som' op een van die volgende wyses saam te stel:

CROSS	of	SEND
+ ROADS		+ MORE
DANGER		MONEY

In laasgenoemde gevalle 'gee' die inhoud van die opdrag 'n bepaalde boodskap, wat verband hou met menslike behoeftes waarby die betrokke leerders belang het en waaraan hulle betekenis kan gee, terwyl dit in die eerste geval nie die geval is nie. Die potensiële uitdagings-, uitnodigings- of motiveringswaarde van die tweede tipe is ooglopend 'beter' as dié van die eerste tipe. Trouens, die tweede tipe kan *al* die leerders 'trek', terwyl die eerste tipe mag 'lyk' asof dit slegs die 'slimmes' uitdaag.

- *Leerinhoud moet die ontwikkeling van 'n geïntegreerde geheel van skoolwiskundekennis bevorder.* Uit Hoyles (1988) se werk volg dat 'n gefragmenteerde vakkurrikulum vir skoolwiskunde ondoeltreffende onderrig en leer van wiskunde op skool tot gevolg het. Leerders moet onderlinge verbande kan insien en verstaan om wiskunde doeltreffend te kan leer en doen. Trouens, sonder hegte en 'korrekte' verbindige tussen kenniselemente kan geldige en funksionele wiskundekennisnetwerke nie ontwikkel word nie (kyk 3.3.1). Die wiskundeonderwyser moet dus voortdurend daarop bedag wees dat daar nie 'gapings' of oënskynlike inkongruensies in en tussen die inhouddele, waarmee leerders gekonfronteer word, voorkom nie. Hiertoe moet die onderwyser geselekteerde leerinhoude in terme van die 'groter geheel' van wiskundekennis oorweeg en verreken; dit is natuurlik slegs moontlik indien die 'groter geheel' voldoende verstaan word.

  'n Geïntegreerde geheel van wiskundekennis moet egter nie net in terme van die dissipline self verstaan word nie, maar ook in terme van die geheelverband daarvan met ander dissiplines (Smith, 1997:23). Hiervolgens moet leerders die noodwendige wisselwerking tussen wiskunde en ander vakke ontdek, ondersoek en verstaan. Dit behoort die ontwikkeling van wiskundekennis, -vaardighede en -gesindhede verder te ondersteun, aangesien dit die relevansie en praktiese haalbaarheid van wiskundeleerinhoude kan verhoog. Leerinhoude moet dan ook so gekies word dat dit leerders in staat kan stel om verbande 'oor die kurrikulum heen' in te sien en te verstaan.

  In die direk vooragaande voorbeeld is die tweede tipe 'somme' voorbeelde van gevalle waar leerders wiskunde leer, terwyl 'n belangrike leertaak uit 'n

ander relevante dissipline tegelykertyd geïmpliseer word. Hierby kan etlike voorbeelde van wiskundeleertake, wat in terme van feitlik elke terrein van die menslike lewe gekontekstualiseer is, gevoeg word (vergelyk Burghes, 1989; Clarke & McDonough, 1989; Kieran, 1992; Schoenfeld, 1992).

- *Leerinhoude moet funksioneel bydra tot die bemagtiging van leerders om hulle volle wiskundige potensiaal te ontwikkel.* In demokratiese samelewings word ten regte ook in die wiskundekurrikulum en -onderrig-leerprogram op "[development] opportunities for all" aangedring (Glencross, 1991a:8). Soos hierbo gestel is, het alle mense wat in die 'normale samelewing' leef en werk 'n wesenlike behoefte aan die ontwikkeling en doeltreffende gebruik van bepaalde wiskundekennis, -vaardighede en -ingesteldhede. Die leerinhoude moet dan ook instrumenteel tot die bevrediging van hierdie ideaal bydra deurdat geleenthede aan die hand daarvan vir leerders geskep word om hulle volle wiskundige potensiaal te ontdek, te ontsluit en te ontwikkel. Die onderwyser moet deurentyd in gedagte hou dat daar op dag-vir-dag-basis op hierdie pad van potensiaalontwikkeling gevorder moet word; die leerinhoude wat vir elke onderrig-leersituasie geselekteer word, moet dus tot die verwesenliking van hierdie hoë ideaal bydra.

Die voormelde twee tipes 'letter-somme' dui op 'n verdere belangrike waarneming rakende leerinhoud as geskikste instrument tot doelbereiking. Die leerinhoud wat in elke geval ter sprake is, is wesenlik dieselfde, maar die 'verpakking' daarvan is egter wesenlik verskillend. Dit toon dat die keuse van 'regte' leerinhoude alleen nog nie die doeltreffendheid van wiskundeleerinhoude verseker nie. Die wyse waarop die geslekteerde inhoude 'verpak' of georden word, is eweneens essensieel ten einde doeltreffende leerinhoud vir elke onderrig-leersituasie daar te kan stel.

Kriteria vir die ordening van leerinhoud in skoolwiskunde

Soos pas gestel, is dit kernbelangrik dat leerinhoud 'reg' georden of 'verpak' moet word ten einde die bereiking van spesifieke onderrig- en leerdoelstellings moontlik te maak. Ordening van leerinhoud alleen, is egter nie voldoende om doeltreffende leerinhoud daar te stel nie. Die wyse van ordening moet naamlik verder in terme van die spesifieke onderrig- en leertake, wat met die oog op doelbereiking uitgevoer moet word, geskik of geldig wees. Hiertoe is dit noodsaaklik dat verskillende kriteria of beginsels toegepas sal word om te verseker dat die geordende geselekteerde

leerinhoud in spesifieke gevalle by die aard en eise van die onderrig- en leertake en -doelstellings aansluit.

Daar word dan ook verskillende stelle kriteria of beginsels vir die ordening van leerinhoud in literatuur gevind (vergelyk byvoorbeeld Carl, 1995:112-113; Fraser *et al.*, 1990:127-133; Steyn, 1982:72-75). Die doel is weer eens *nie* om sodanige kriteria af te lei nie, maar om 'n werkbare basis vir die ordening van leerinhoude te stel. Daarom word hier met 'n sintese van toepaslike kriteria volstaan. Die volgende beginsels word as ordeningskriteria gestel:

- *Die logiese, taksonomiese of konvensionele ordeningsbeginsel.* Hiervolgens word leerinhoud volgens een of ander logiese orde of taksonomie gerangskik, byvoorbeeld van die eenvoudige na die komplekse, van die bekende na die onbekende, van die besondere na die algemene of in chronologiese orde. Die belang van hierdie beginsel vir skoolwiskunde blyk uit die volgende voorbeelde:

  * Wanneer leerders 'n komplekse probleemsituasie moet ondersoek, word hulle aangemoedig om eers eenvoudiger gevalle te ondersoek om sodoende 'n 'greep' op die komplekse situasie te kan verkry (kyk 3.4.3.2).

  * Leerlinge ondersoek situasies waarin 'herhaalde optelling' uitgevoer moet word om hulle sodoende tot die ontdekking en begrip van vermenigvuldiging te begelei. Hierin word aansluiting by die werking van die geheue gevind, want die leer van nuwe inligting of kennis word op bestaande kennisbesit gebou. Op grond hiervan noem Carl (1995:113) hierdie beginsel ook die 'psigologiese ordeningsbeginsel'.

  * Tydens die onderrig en leer van funksies word spesifieke eksemplare van funksies aanvanklik ondersoek en tot algemene eienskappe van funksies gekom om sodoende 'n betekenisvolle definisie van die begrip te kan aflei.

  * In meetkunde moet die Van Hieledenkvlakke en -onderrig-leerfases noodwendig gerespekteer word om leerders uiteindelik tot formele bewysvoering in staat te kan stel (kyk 3.4.3.6). Meetkundeleerinhoude behoort dus in 'n bepaalde hiërargiese orde aan die orde te kom om hierdie vordering moontlik te maak.

- *Die punktuele ordeningsbeginsel.* Hiervolgens dien 'n sentrale verwysingspunt of tema as ankerpunt waarvandaan verbandhoudende leerinhouddele of subtemas dan ontsluit of ontdek word.

  * Die belang van probleemoplossing as konteks vir die onderrig en leer van skoolwiskunde is onteenseglik bewys (kyk 3.4.3). Hierin word op die geldigheid van hierdie beginsel gesteun. Leerders ontdek byvoorbeeld bepaalde bewerkings en -prosedures aan die hand van die oplos van relevante realistiese probleemsituasies. Die probleemsituasie dien as ankerpunt, terwyl spesifieke leerinhouddele, wat bemeester moet word, gaandeweg deur 'natuurlike' probleemoplossende leerhandelinge ontdek of ontsluit word.

  * Soortgelyk word per geleentheid op *ontvouings* van soliede liggame, soos kubusse, silinders en tetraëders, gefokus, terwyl die *eienskappe* van die verskillende tipes liggame in die proses ontdek, vergelyk en verstaan word (vergelyk Van Niekerk, 1997).

  * Hierdie beginsel word ook toegepas wanneer daar in die onderrig en leer van die funksiebegrip op grond van die afgeleide definisie voortgegaan word om funksies te klassifiseer, onder meer as meer-eenduidig of een-eenduidig, stygend of dalend, siklies of nie-siklies, en omkeerbaar of nie-omkeerbaar.

- *Die konsentriese of spirale ordeningsbeginsel.* Hiervolgens word 'n bepaalde leerinhoudkern of tema oor jaarvlakke heen herhaal, maar telkens in 'n goter mate van diepte, omvang en matematisering (kyk 3.4.3.6). Vanweë die opbouende aard van leer en van wiskunde-inhoude moet hierdie beginsel noodwendig in skoolwiskunde toegepas word; die volgende twee voorbeelde dien ter illustrasie:

  * Die bestaan van diskrete vlakke van wiskundige denkontwikkeling (kyk 3.4.3.6) vereis die toepassing van hierdie beginsel. Leerders maak byvoorbeeld aanvanklik met veelhoeke op die visuele vlak kennis, daarna op die beskrywende fase in die junior sekondêre skoolfase en uiteindelik op die formele vlak in die senior sekondêre skoolfase.

  * Leerders leer aanvanklik slegs die vier hoofbewerkings, toegepas op natuurlike getalle. Later leer hulle om hierdie bewerkings ook op

rasionale getalle (breuke), negatiewe heelgetalle en reële getalle toe te pas. Uiteindelik leer hulle om bykomende bewerkings, soos magsverheffing en worteltrekking, toe te pas, asook om betekenis te gee aan simbole, soos $\sqrt{x}$, x^2, $\log_a x$ en a^x, wat bewerkings op veranderlikes of veralgemeende bewerkings voorstel.

- *Die lineêre of horisontale ordeningsbeginsel.* Leerinhoudkerne of -dele verskil soms nie in belangrikheid of in chronologiese orde nie, soos wanneer die eienskappe van parallellogramme of kongruensievoorwaardes ontdek en geformuleer moet word. In hierdie geval word die leerinhoudkerne dus bloot 'horisontaal' of 'langs mekaar' hanteer, sonder dat enige spesifieke vaste orde vereis word. Dit is uiteraard belangrik dat die wiskundeonderwyser tydens die beplanning van leerinhoud duidelik tussen inhoude waarop hierdie beginsel toegepas kan word, en inhoude waarop dit nie toegepas kan word nie, sal onderskei. So nie mag wanbegrippe of valse oortuigings of beskouings oor wiskunde ontstaan.

- *Die analities-sintetiese of integrasie ordeningsbeginsel.* Om die gevare van gefragmenteerde of digotomiese vakbelewing teë te werk, is dit veral tydens begripontdekking en -ontwikkeling noodsaaklik dat wiskundeleerders multidimensionele of komplekse werklike wiskundige probleemsituasies moet ondersoek en oplos. Sodanige situasies toon gewoonlik 'n geheel- of integrale aard, aangesien wesenlik verskillende leerinhouddele tegelyk in samehangende verband voorkom. Hierdie wyse van 'verpakking' van die leerinhoud vereis dus dat die leerders die leerinhoud analities-sintetiserend sal ontsluit en tot 'n betekenisvolle en samehangende geheel of eenheid sal opbou (rekonstrueer). Toepassing van hierdie beginsel is dus essensieel vir die bemoontliking van betekenisvolle leer van wiskunde met begrip, asook die ontwikkeling van 'n integrale beeld van wiskunde en sy samehange.

- *Die simbiotiese of heuristiese ordeningsbeginsel.* Hiervolgens word leerinhoud spesifiek in die werklikheidsverband ontsluit en geleer; as sodanig sluit hierdie beginsel nou aan by die integrasiebeginsel. Die benutting van die realistiese of die historiese konteks ten einde betekenisvolle leer moontlik te maak berus op hierdie beginsel (kyk 3.4.3 en Stols, 1996).

Uit voorgaande bespreking is dit duidelik dat die gestelde ordeningsbeginsels tot so 'n mate saamhang dat dit soms moeilik is om daartussen te onderskei. Gunter *et al.*

(1995:44-45) poog om 'n eenvoudiger stel ordeningsbeginsels vir onderwysers te stel. Hulle grond hulle argumente op twee grondbeginsels van die leerpsigologie, wat deur oorspronklik deur Ausubel (1963) geformuleer is, naamlik:

1. Die enkele belangrikste faktor wat nuwe leer beïnvloed, is die leerder se voorkennis.

2. Enige begrip kan op verskillende vlakke van algemeenheid verduidelik word, met die hoogste of mees algemene vlak wat die maklikste verstaan word en die laagste of mees gespesialiseerde vlak die moeilikste.

Op grond hiervan stel Gunter *et al.* (*ibid.*) dat die taak om leerinhoud doeltreffend te orden op die nakoming van die volgende twee ordeningsbeginsels berus:

- *Nuwe leer bou op vorige leer (voorkennis) voort.* Byna alle leer begin met die eenvoudigste idee en ontwikkel groterwordende spesifisiteit; hulle (*ibid.*) verduidelik dit soos volg:

  > "The student's understanding of complex mathematical puzzles began many years ago before with the idea of combining parts into wholes; ... arranging things into successively inclusive groups ... follows at least indirectly from the child's earliest notion that like objects can be grouped on the basis of their likeness."

  Die implikasie vir die wiskundeonderwyser is dus eenvoudig en duidelik: nuwe leerinhoud moet op sodanige wyse georden word dat dit kontinu by dit wat leerders reeds weet, kan aansluit. Wanneer 'n nuwe begrip byvoorbeeld aangeleer word, moet vanaf die eenvoudigste relevante bekende idee uitgegaan word en die leerinhoud (begrip) van daardie punt af stelselmatig in toenemende mate van spesifisiteit uitgebou word. Hiertoe moet 'n volgende beginsel ook toegepas word.

- *Elke leer- en verstaanfase bou op vorige meer algemene vlakke van leer en verstaan voort.* Dit impliseer dat elke begrip ander meer komplekse begrippe 'insluit' ("subsume") en self in ander meer algemene begrippe 'ingebed' is. Konseptuele strukture vertoon dus 'n 'ingeneste' struktuur, soos houers ("boxes") met dieselfde struktuur, maar verskillende groottes, wat die een styf in die vorige een inpas (ingebed word). Die implikasie hiervan vir die wiskundeonderwyser is eweneens eenvoudig en duidelik: die begrip wat die maklikste geleer kan word, is die een op die volgende vlak van algemeen-

heid van 'n begrip wat reeds verstaan word. In Vygotsky-terme, kom dit daarop neer dat daar na die 'sone van proksimale ontwikkeling' gevorder moet word (vergelyk Steyn, 1982:26). Gunter *et al.* (*ibid.*) stel die volgende bruikbare riglyn vir die praktiese toepassing van hierdie beginsel:

> "In deciding what to teach, find the 'box' that contains the concept you wish to teach and ask yourself whether the learners already understand the next most inclusive concept."

Byvoorbeeld, voordat wiskundeleerders die funksiebegrip kan aanleer, moet die onderwyser dus eers seker maak dat hulle die relasiebegrip verstaan. Wanneer leerders die begrip 'heelveelvoud van 'n getal' met begrip moet leer, moet hulle eers die begrip 'herhaalde optelling' verstaan; hiertoe moet hulle eers die begrip 'optel' verstaan.

Daar moet nie uit die stel van laasgenoemde twee grondbeginsels afgelei word dat die doeltreffendheid van leerinhoudordening slegs op die bereiking van *kognitiewe* doelstellings gerig is nie. Die twee beginsels het naamlik op die bemoontliking van leer in die wydste sin van die woord betrekking, dus ook op die bereiking van die nie-kognitiewe doelstellings van skoolwiskundeonderwys. Gunter *et al.* se twee 'grondbeginsels' moet dus as twee algemene beginsels beskou word, waarin die voorgaande lys spesifieke kriteria of beginsels ingebed is.

4.2.3.4 Sintese

Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief is die doel van wiskundeonderrig *nie* om wiskundekennis 'oor te dra' nie, maar om die betrokke leerders in staat te stel om in spesifieke omstandighede betekenis daaraan te gee en om dit met begrip te leer. Hiertoe is die spesifieke leerinhoud wat vir afsonderlike onderrig-leersituasies geselekteer word 'n onmisbare instrument tot doelbereiking. Dit wat geleer word is die instrument om die verwagte of bedoelde wiskundeleerhandelinge moontlik te maak. Hiertoe is dit belangrik dat wiskunde-inhoude wat by die leerders se voorkennis en ervaring aansluit en waaraan hulle betekenis kan gee, geselekteer word.

Doeltreffende wiskundeleerinhoud word egter nie slegs deur die seleksie van die 'regte' inhoud aan die hand van bepaalde kriteria bepaal nie, maar ook deur die wyse waarop dit georden word om leerders sodoende in staat te stel om daaraan betekenis te gee en dit te verstaan. Daar bestaan verskeie beginsels waarvolgens wiskundeleerinhoud doeltreffend georden kan word, maar in wese kom dit daarop

neer dat nuwe leerinhoud kontinu by bestaande voorkennis moet aansluit en daarop moet voortbou. Hierdie riglyn behoort in die besonder ten opsigte van die seleksie van wiskundeleerinhoud toegepas te word.

4.2.4 Die persone in die wiskundeonderrigsituasie

4.2.4.1 Oriëntering

Die kern van onderrig is 'medemenslike hulp by leer' (kyk 2.2.3.2); dit impliseer die teenwoordigheid van een wat hulp verleen en een wat hulp ontvang in elke wiskundeonderrigsituasie. Die wiskundekennis, -vaardighede en -ingesteldhede van hierdie twee persone het 'n bepalende invloed op die aard en verloop van elke wiskundeonderrigsituasie (kyk 2.4.3.4 en 2.4.3.5). In hierdie gedeelte word daar vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief op die wiskundeonderwyser en die -leerder se bydrae tot doeltreffende wiskundeonderrig gefokus.

4.2.4.2 Die onderriggewer

Die wiskundeonderwyser vervul 'n sleutelrol met betrekking tot die beplanning, inisiëring en verloop van elke wiskundeonderrigsituasie. Uit die aangehaalde werk van Fennema *et al.* (1991) en Koehler en Grouws (1992) blyk duidelik dat wiskunde-onderwysers se bydrae tot doeltreffende wiskundeonderrig deur hulle *kennis*, *vaardighede*, en *ingesteldhede* bepaal word (kyk Figuur 2.2 en Figuur 2.4). Die genoemde drie determinante van die wiskundeonderwyser se rol en bydrae tot doeltreffende wiskundeonderrig word vervolgens vanuit ontologies-kontekstuele perspektief toegelig.

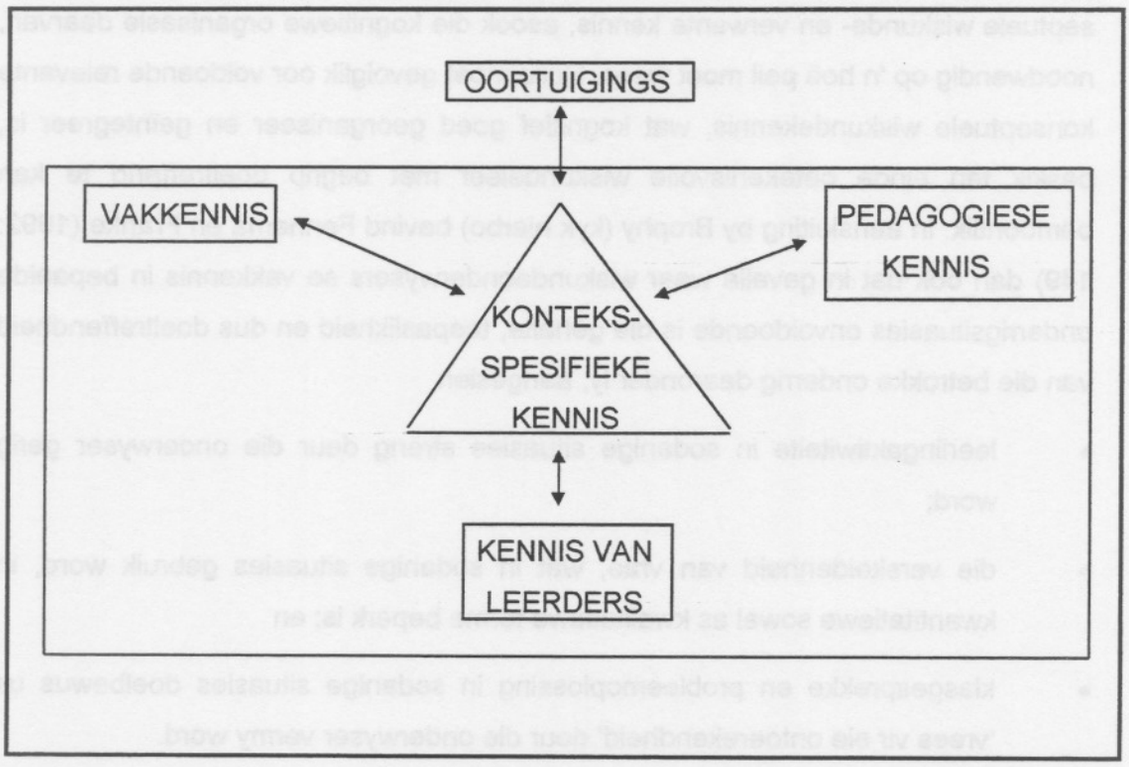
- ***Die wiskundeonderwyser se kennis***

Vanuit die tradisionele produkgerigte 'kennisoordrag'-beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig word 'n dominante rol aan die onderwyser se vak- of dissipline-kennis toegeken (kyk 3.3.2.1 en 3.4.2.2). Hiervolgens word die 'ander' kennis, wat 'n wiskundeonderwyser nodig mag hê om 'effektiewe' onderrig te kan gee, hoof-saaklik uit die aard van die dissiplinekennis afgelei. Die rigiede inhoudgesentreerd-heid, die grootgroepgerigtheid en die hiërargiese gestruktureerdheid van die tradisionele benadering tot die onderrig en leer van skoolwiskunde is byvoorbeeld tekenend hiervan (kyk 2.2.2.3 en 3.2.2.1).

Dit is ongetwyfeld noodsaaklik dat wiskundeonderwysers die skoolwiskunde wat hulle onderrig, moet verstaan en betekenisvol kan gebruik en toepas. So nie, kan

hulle nie as wiskunde-rolmodelle vir leerders optree nie of die leerders in die betekenisvolle leer van skoolwiskunde met begrip begelei nie. Hulle vakkennis is dus inderdaad 'n belangrike determinant van doeltreffende wiskundeonderrig. In aansluiting by Börger en Tillema (1993:185-186) en Shulman (1985:447) word hier geargumenteer dat daar ook bykomende ondersteunende kenniskomponente is waarsonder wiskundeonderwysers nie betekenisvolle wiskundeleer in interaktiewe leerdergesentreerde klassituasies kan bemoontlik nie. Wiskundeonderwysers se vereiste 'geheel van kennis' word vervolgens vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief ontleed. Hierdie kennisgeheel sluit die komponente, waarvan die samehang in Figuur 4.1 voorgestel word, in.

Figuur 4.1 : Die komponente van die wiskundeonderwyser se kennisgeheel (Fennema & Franke, 1992:162)



(1) Die vakkenniskomponent

Volgens Fennema en Franke (1992:162) behels dit die onderwyser se kennis van wiskundige begrippe en konstrukte, prosedures en tipiese probleemoplossingsprosesse, asook die wyse waarop dit by die onderwyser georganiseer is. Dit volg ook dat die kompleksiteit en kognitiewe organisasie van die wiskundeonderwyser se konseptuele wiskunde- en verwante kennis 'n aanduiding is van die mate waarin hy of sy verwantskappe tussen wiskundige idees verstaan. Dit sluit nou by Brophy

(1991:352) se bevinding aan dat die besit van 'n komplekse en kognitief goed-georganiseerde wiskunde- en verwante kennisgeheel 'n positiewe invloed op die doeltreffendheid van die onderrig en leer van skoolwiskunde in interaktiewe klasse uitoefen, hy stel naamlik:

> "Where teachers' knowledge is more explicit, better connected, and more integrated, they will tend to teach the subject more dynamically, represent it in more varied ways and encourage and respond fully to student comments and questions. Where their knowledge is limited, they will tend to depend on the text for content, de-emphasize interactive discourse in favour of seatwork assignments and in general, portray the subject as a collection of static factual knowledge."

Dit bevestig dat die *gehalte*, *omvang* en *diepte* van wiskundeonderwysers se konseptuele wiskunde- en verwante kennis, asook die kognitiewe organisasie daarvan, noodwendig op 'n hoë peil moet wees. Hulle moet gevolglik oor voldoende relevante konseptuele wiskundekennis, wat kognitief goed georganiseer en geïntegreer is, beskik ten einde betekenisvolle wiskundeleer met begrip doeltreffend te kan bemoontlik. In aansluiting by Brophy (kyk hierbo) bevind Fennema en Franke (1992: 149) dan ook dat in gevalle waar wiskundeonderwysers se vakkennis in bepaalde onderrigsituasies onvoldoende is die gehalte, toepaslikheid en dus doeltreffendheid van die betrokke onderrig daaronder ly, aangesien

- leerlingaktiwiteite in sodanige situasies streng deur die onderwyser gerig word;
- die verskeidenheid van vrae, wat in sodanige situasies gebruik word, in kwantitatiewe sowel as kwalitatiewe terme beperk is; en
- klasgesprekke en probleemoplossing in sodanige situasies doelbewus uit 'vrees vir eie ontoerekendheid' deur die onderwyser vermy word.

In kort, die gehalte, diepte en omvang van wiskundeonderwysers se begrip, insig en kognitiewe organisasie van die betrokke vak- en verwante kennis, behoort op sodanige hoë peil te wees dat hulle ten volle in staat is om relevante en ryk probleemsituasies te skep en om as wiskunde-rolmodel en akademiese (bege-) leier vir die leerders op te tree. Daarsonder bestaan weininge, indien enige, moontlikheid dat betekenisvolle wiskundeleer met begrip kan plaasvind grootliks geïnhibeer.

Vanweë die noodwendige 'verteenwoordigende' of geheelaard van die skool-wiskundekurrikulum sluit dit 'n veelheid van wiskundige terreine en afdelings daarvan in (kyk 4.2.2.3 en 4.2.3.3). Hierdie terreine is egter fundamenteel verskillend van aard, ook wat die eise wat ten opsigte van die leer daarvan met begrip en insig gestel word, betref. Algebra is byvoorbeeld grootliks analities van aard en op die getalmatige ("number sense") in die werklikheid gerig, terwyl meetkunde globaal van aard is en op die visuele ruimtelike, vormlike en tydse ("world of space, shape and time") gerig is (vergelyk Kieran, 1992; Clements & Battista, 1992). Dit is dus moontlik - en ervaring bevestig dit - dat onderwysers die verskillende wiskundekennisterreine nie ewe goed beheers nie: 'n onderwyser kan byvoorbeeld voldoende algebrakennis hê, terwyl sy meetkundekennis onvoldoende is. Dit is selfs moontlik dat onderwysers se kennis van afdelings van 'n bepaalde terrein kwalitatief en kwantitatief verskil. 'n Onderwyser mag byvoorbeeld voldoende begrip en insig van getalstelsels of die gebruik van formules hê, maar onvoldoende begrip en insig van die funksiebegrip of die oplos van vergelykings.

Die implikasie hiervan vir doeltreffende wiskundeonderrig is duidelik: elke wiskunde-onderwyser moet wat gehalte, omvang en diepte betref toereikende kennis en insig hê van al die wiskundige terreine wat in die vakkurrikulum ingesluit is, asook dié wat daartoe ondersteunend is. Slegs 'n onderwyser wat die vakinhoud na gehalte, omvang en diepte op 'n toereikende kundigheidsvlak beheers, kan die betrokke leerinhoud in 'n bepaalde situasie as 'n doeltreffende instrument tot doelbereiking gebruik (kyk 2.4.3.3 en 4.2.3). Voldoende begrip en insig van die wiskunde wat onderrig en geleer moet word, is inderdaad 'n *voorvereiste*, maar *nie* 'n voldoende voorwaarde nie, vir doeltreffende wiskundeonderrig en -leer, soos Brophy (1991), Fennema en Franke (1992) en Koehler en Grouws (1992) dan ook bevestig.

(2) Pedagogiese kennis

Dit sluit die wiskundeonderwyser se kennis van onderrigprosedures, soos toepaslike en doeltreffende onderrig-leerstrategieë en motiverings-, bestuurs- en klaskamer-organisasie- en evalueringstegnieke, asook kennis van doeltreffende wiskundige voorstellings in (Fennema & Franke, 1992:153, 162). Die onderwyser moet dus in staat wees om die wiskundekennis wat geleer moet word, op sodanige wyse voor te stel of te kontekstualiseer dat dit deur die betrokke leerders verstaan kan word. Dit kan beweer word dat dit juis hierdie kenniskomponent is wat 'n wiskundeonderwyser van 'n wiskundige onderskei.

Navorsing dui aan dat wiskundeonderwysers prosedure- en simboliese voorstellings, soos verduidelikings en standaardtegnieke, oormatig gebruik (Fennema en Franke, 1992:154). Die tipiese 'verduidelik-demonstreer-nadoen'-praktyk in tradisionele wiskundeklaskamers is een sprekende bewys hiervan (Dossey, 1992:42; kyk ook 2.2.2 en 3.4.2). Vanuit 'n prosesgerigte onderrig-leerperspektief blyk egter dat 'n werkliheidsverwante probleemoplossingkonteks en die voorstelling van realistiese situasies outentieke konseptuele leer en verstaan by leerders bevorder en eerder benut behoort te word (Dossey, 1992:42; kyk ook 2.2.3 en 3.4.3). Dit bevestig nogeens die noue verband tussen wiskundeonderwysers se oortuigings en beskouings, kennis en onderrig-leerpraktyke, wat vroeër duidelik aangetoon is (kyk 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.3.2.1 en 3.3.2.2).

Dit is dus essensieel dat hierdie komponent van wiskundeonderwysers se kennis doelgerig en begrond gevestig en ontwikkel moet word. Dit hou bepaalde pertinente implikasies vir die voordiens-, sowel as die indiens-opleiding van die betrokke onderwysers in; hieraan word in hoofstuk 5 aandag gegee (kyk 5.3).

(3) Kennis van die wiskundeleerder en sy kognisie

Ten einde doeltreffend wiskundeonderrig te gee, is dit noodsaaklik dat die onderwyser met die betrokke leerders se vlak van kognitiewe ontwikkeling en denkvorming, asook die wyse waarop hulle wiskunde leer, vertroud is (kyk 2.4.3). 'n 'Ingeligte' wiskundeonderwyser sal byvoorbeeld nie dadelik met formele bewysvoering in meetkundeonderrig wegval nie, maar op grond van sy of haar kennis van die kind se wiskundige denkvlakontwikkeling besef dat daar op 'n laer vlak, soos die visuele of beskrywende vlak, begin moet word voordat daar doeltreffend op 'n hoër vlak, soos die teoretiese vlak, gewerk en geleer kan word (Teppo, 1991:210).

Hierdie komponent sluit verder ook kennis in van moontlike geskikte prosesse wat leerders in probleemoplossing gebruik, asook die probleme wat hulle tydens die leer van wiskunde mag ervaar (Fennema & Franke, 1992:162). In hierdie verband word met Brodie (1991:18) saamgestem dat onderwysers ook grondige kennis moet dra van die feit dat wiskundeleerders duidelikheid oor hul eie denke verkry wanneer hulle hul probleemoplossings aan medeleerders verduidelik. Deur na leerders se bydraes, idees en metodes te luister, kan die onderwyser ook praktiese kennis aangaande die leerders opdoen. Sonder hierdie kennis mag 'n wiskundeonderwyser moontlik nie die noodsaaklikheid van klasgesprek en koöpertiewe leer in sy of haar wiskundeklas begryp of aanvaar nie. Sodoende gaan waardevolle geleenthede om

bewus te raak van en te luister na probleme en wanopvattings by leerders vir die onderwyser verlore.

(4) Konteks-spesifieke kennis

Daar is vasgestel dat daar 'n dinamiese interaksie tussen onderwysers se oortuigings en beskouings en hulle kennis tot stand kom. Hierdie interaksie vorm 'n bepaalde konteks waarbinne die onderwyser in 'n spesifieke klassituasie besluite neem en daarvolgens handel. Hierin tree ook sy of haar kenniskomponente onderling in interaksie (Fennema & Franke, 1992:162). 'n Verdere konteks-spesifieke en situasiegebonde kennisvlak tree dus na vore. Die ontleding in hoofstukke 2 en 3 van die invloed van verskillende beskouinge en oortuigings op die onderrig en leer in klasse, in die besonder wiskundeklasse, illustreer hierdie feit voldoende.

Die ontstaan van sodanige konteks-spesifieke kenniskomponent rig nie alleen die gebeure in 'n spesifieke situasie nie, maar speel ook 'n bepalende rol in die totstandkoming van die konteks waarbinne gebeure in 'n volgende klassituasie plaasvind. Op grond hiervan kan gestel word dat bepaalde kenniskomponente van wiskundeonderwysers dus voortdurend op 'n evolusionêre wyse ontwikkel en groei (vergelyk ook Nickson, 1992). Dit bring Fennema en Franke (1992:162) tot die gevolgtrekking dat die totstandkoming en voortbou van onderwysers se konteks-spesifieke kennis toon dat onderrig 'n handeling is wat nuwe kennis voortbring. In die lig van Koehler en Grouws (1992:118) se multidimensionele voorstelling van die interaktiewe gebeure in wiskundeklasse (kyk Figuur 2.4) word dit nou duidelik dat onderwysers se belewing van die gebeure in hul klasse deurlopend bydra tot die kennisbesit op grond waarvan hulle volgende onderrig-leersituasies beplan, uitvoer en evalueer. Blootstelling aan 'positiewe' klaskamerervaringe behoort dus ook 'positief' by te dra tot die doeltreffendheid van wiskundeonderrig.

- ***Die wiskundeonderwyser se vaardighede***

Uit die voorgaande bespreking is dit duidelik dat die wiskundeonderwyser oor bepaalde kennis van 'n sekere gehalte, omvang en diepte moet beskik ten einde doeltreffende wiskundeonderrig moontlik te maak. Hiertoe is geskikte kennisbesit alleen egter nie 'n voldoende voorwaarde nie, soos hierbo gesuggereer. Daar kan geen twyfel wees dat 'n chirurg benewens bepaalde hoëvlak kennis oor 'n hoë mate van spesifieke *vaardigheid* moet beskik om sy of haar werk doeltreffend te kan doen nie. Netso, kan 'n wiskundeonderwyser nie doeltreffend onderrig gee sonder dat hy of sy oor bepaalde vaardighede beskik nie. Wiskundeonderwysers moet dus nie net

kundig ten opsigte van hul werk wees nie, maar ook besonder vaardig in die uitvoering daarvan; hulle moet weet *wat* om te doen, maar veral ook *hoe* om dit te doen (Lang, McBeath & Hébert, 1995:197). In hierdie gedeelte word gepoog om die vaardighede van die onderwyser, waarsonder doeltreffende wiskundeonderrig nie kan plaasvind nie, uit te lig.

Vaardighede is kognitiewe, affektiewe en psigomotoriese prosedures wat geleer en uitgevoer kan word; daarom kan dit ook as 'prosedure-kennis' beskryf word (Lang *et al.*, 1995:196,197). Aangesien daar 'n noue verband tussen verskillende vaardighede bestaan, kan vaardighede op verskillende wyses geklassifiseer word. Lang *et al.* (1995:197) stel egter die volgende werkbare algemene klassifikasie voor:

- *Kognitiewe vaardighede*, wat met gewaarwording ("perceiving"), leer en weet ("knowing") verband hou. Denk-, probleemoplossing- en besluitneming-vaardighede is byvoorbeeld van die belangrikste kognitiewe vaardighede waaroor wiskundeonderwysers behoort te beskik.
- *Affektiewe vaardighede*, wat met vorming en die bepaling van houdings en waardes verband hou. Hieronder tel interpersoonlike vaardighede, soos persepsiekontrole ("perception checking") en gedragbeskrywing ("behaviour description"), en groepvaardighede, soos konsensus-soek en konflik-hantering.
- *Psigomotoriese vaardighede*, wat met die rig of beheer van beweging as gevolg van verstandelike aktiwiteit verband hou. Die vaardige uitvoer van fisiese onderrigaktiwiteite deur die wiskundeonderwyser, soos die gebruik van instrumente en ander media, val hieronder.

Wat die aanleer en gebruik van vaardighede betref, wys Bloom (1986:70) tereg daarop dat die bemeestering van vaardighede afhang van "the ability to perform it unconciously with speed and accuracy while carrying on other brain functions." In aansluiting hierby stel Lang *et al.* (1995:198) dat die vaardigheid van onderwysers se optrede in terme van die volgende gekenmerk kan word:

- Die *paslikheid* en *spoed* waarmee vaardighede in bepaalde situasies geselekteer word. 'n Vaardige wiskundeonderwyser sal byvoorbeeld op 'n gegewe tydstip die situasie in sy of haar klas vinnig opsom en dan op 'n paslike onderrigstrategie en geskikte leergeleenthede besluit, terwyl hy of sy terselfdertyd verduidelik wat volgende gaan gebeur.

- Die *akkuraatheid* en *ekonomie* ten opsigte van inspanning, beweging en tyd waarmee die vaardigheid uitgevoer word. 'n Vaardige wiskundeonderwyser sal byvoorbeeld in bepaalde omstandighede die klasgebeure akkuraat herorganiseer of aanpas sonder om waardevolle energie en tyd te verkwis of die leerders se leerhandelinge te ontwrig.

- Die mate van *outomatisering* ("performance automaticity") waarmee die vaardigheid uitgevoer word. Wiskundeonderwysers wat daarin slaag om doeltreffende besluite te neem of paslike handelinge uit te voer sonder om skynbaar daaroor na te dink, voldoen byvoorbeeld hieraan.

Aangesien alle onderrig in 'n spesifieke konteks plaasvind, word hier nie tussen algemene en vaktipiese vaardighede onderskei nie, maar word alle vaardighede streng vanuit die konteks van doeltreffende wiskundeonderrig op skool toegelig. Voorts word die onderskeie vaardighede nie geïsoleerd in 'n hiërargiese struktuur geplaas nie, maar val die klem eerder op die samehangende bydrae van die onderskeie vaardighede tot doeltreffende wiskundeonderrig. Daarby moet die wisselwerking tussen kognitiewe, affektiewe en psigomotoriese vaardigheidselemente deurgaans in gedagte gehou word.

Die fokus in hierdie bespreking is primêr op die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig op skool gerig. Gevolglik is die doel nie hier om 'n getailleerde en volledige lys vaardighede af te lei of te evalueer nie, maar om die wesenlike belang van die vaardigheid van die betrokke onderwyser in breë trekke aan te dui. Die aanwending van aanvaarde kernvaardighede tot voordeel van die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde word dus eerder toegelig (kyk 4.2.3.3). Ten einde wiskundeonderwysers se kernvaardighede te bepaal, word dit *wat*, asook *hoe* hierdie onderwysers dit behoort te doen om doeltreffende onderrig te kan gee, ontleed (Lang *et al.*, 1995:198). Hiertoe is Lang *et al.* (1995) en Cangelosi (1996) se resente en omvattende ontledings van die (wiskunde-) onderwyser se kernonderrigtake, asook die ontledings van doeltreffende onderrig en leer van wiskunde, wat in hoofstukke 2 en 3 onderneem is, 'n voldoende basis. Op grond hiervan word nou gestel dat elke wiskundeonderwyser oor die volgende vaardighede behoort te beskik:

(1) Self-analitiese vaardighede

Die doeltreffende wiskundeonderwyser behoort deurentyd te poog om hom- of haarself beter te leer ken en verstaan. Self-kennis van die volgende aspekte is veral

in hierdie verband belangrik: die onderwyser se eie motivering, eie oortuigings en waardes, eie behoeftes en gevoelens, aanvaarding van die professionele verantwoordelikheid om as rolmodel vir die leerders op te tree, persoonlike etiek en besef van die beperkings van die eie verantwoordelikheid. Hiertoe behoort self-ontledingsvaardighede ontwikkel te word.

(2) Navorsings-, denk- en probleemoplossingsvaardighede

Kundige wiskundeonderwysers behoort 'n lewenslange student (leerder) van hulle vakgebied en die onderrig en leer daarvan te bly. Hiertoe is bepaalde vaardighede met betrekking tot navorsing, denke en probleemoplossing nodig. Wiskundeonderwysers sal byvoorbeeld 'n hoë mate van kreatiwiteit, kritiese vermoë en self-dissipline aan die dag moet lê. Voorts moet hulle vaardig wees om hul teoretiese vakkennis in praktiese terme te kan 'vertaal' (Lang *et al.*, 1995:6), soos om die abstrakte teorie van vierkantsvergelykings op betekenisvolle wyse as verstaanbare en relevante leerinhoud te benut. Daarby stel Friesen (1991, soos aangehaal deur Lang *et al.*, 1995:6) in hierdie verband tereg dat die vaardigheid om "critical reflection" of "inquiring into and making sense of practice" aan die dag te lê van onderwysers verwag kan word. Wiskundeonderwysers moet byvoorbeeld die 'geykte' dissipline-konteks van abstrakte leerinhoude krities kan beskou om tot die oorspronklike praktiese betekenis daarvan deur te dring ten einde daaraan sin te kan gee (vergelyk die HOD-studente se dispuut oor die distributiewe reël in die voorbeeld in 3.2.2.2).

(3) Leervaardighede

Wiskundeonderwysers behoort daarna te streef om dit vir *al* hulle leerders moontlik te maak om te leer, ongeag die leerstylvoorkeur van leerders of die betrokke onderwyser. Onderwysers benodig gevolglik bepaalde vaardighede om ten spyte van hulle eie leerstylvoorkeur byvoorbeeld veldafhanklike en veldonafhanklike leerders tegelyk in hulle klasse te kan akkommodeer. Daarby tree onderwysers onteenseglik as primêre rolmodelle vir die leerders in hulle klasse op. Kreatiewe en kritiese denke en probleemoplossing vervul 'n sentrale rol in die leer en doen van wiskunde, daarom behoort doeltreffende wiskundeonderrig hoë verwagtinge en eise ten opsigte hiervan aan 'hulle' leerders te stel. Maar dan behoort die onderwyser wat hierdie aspekte betref self besonder vaardig en doeltreffend te wees.

(4) Leerbemoontlikings- of onderrigvaardighede

Benewens voormelde vaardighede rakende die eie en ander se leerhandeling as sodanig, impliseer die onderwysers se primêre leerbemoontlikingsrol dat hulle oor bepaalde 'fasilitering'-vaardighede sal beskik. Die wiskundeonderwyser behoort vaardig te wees ten opsigte die skep van betekenisvolle probleemsituasies, asook die begeleiding, hulpverlening, motivering, ondersteuning en die gee van terugvoer aan leerders tydens die konstruktiewe en aktief-deelnemende ondersoek en oplos daarvan. Daarby moet die wiskundeonderwyser nie net van geskikte en paslike onderrigstrategieë en -metodes kennis dra nie, maar moet hy of sy veral weet hoe om dit in verskillende omstandighede toe te pas ten einde verskillende soorte en vlakke van wiskundeleer moontlik te maak (kyk 2.4.4, 3.3.2, 3.3.3 en 3.4.3).

Die hoë eis wat voormelde oorwegings aan die wiskundeonderwyser stel, blyk verder uit Lang *et al.* (1995:8) se treffende tipering van die doeltreffende leerbemoontliker, naamlik:

> "a resource person who is sensitive to the self-concept of individual students and to the development of group health and effectiveness. To be a successful learning facilitator, [the teacher] must become
>
> * empathetic
> * warm and caring
> * a provider of specific, descriptive, and nonjudgmental feedback
> * positive and respectful of others
> * open and genuine
> * a capable communicator
> * interested in enlarging [the own] and the students' knowledge
> * productively introspective."

Ten einde doeltreffende wiskundeonderrig te kan gee, moet die onderwyser dus oor bruikbare en toepaslike kennis en vaardighede betreffende doeltreffende onderrighandelinge beskik, dit wil sê hy of sy moet kennis hê van en vaardig wees in die gebruik van wat Lang *et al.* (1995:9) die "generic principles and practices of teaching" noem.

(5) Professionele ontwikkelingsvaardighede

Volgehoue professionele ontwikkeling is 'n voorvereiste vir wiskundeonderwysers om toenemend doeltreffend in hulle onderrig te wees. Hulle moet dus steeds vaardiger word in die gebruik van die sogenaamde "generic principles and practices of teaching". In kort, hulle moet deurlopend 'in die tuig' aan die leer wees deur 'n proses van rekordhouding, refleksie, waarneming en ervaring (Lang *et al.*, 1995:10). Dit berus daarop dat die onderwyser vaardig is ten opsigte van die uitvoering van hierdie professionele ontwikkelingshandelinge. In die besonder, moet wiskunde-onderwysers dus die spesifieke vaardighede wat vereis word om wiskunde te doen, bemeester het.

Die professionele rol van die onderwyser is nie 'n statiese entiteit nie, maar dit verander met die eise van die tyd. Wiskundeonderwysers is byvoorbeeld tradisioneel as 'professionele bronne van wiskundekennis' beskou, terwyl hulle vandag as 'professionele fasiliteerders van betekenisvolle wiskundeleer met begrip' beskou word (kyk 2.4.3.4, 3.4.2 en 3.4.3). Waar onderwysers se bydrae tot kurrikulum-ontwikkeling vroeër tot dié van implementeerder beperk was, word die onderwyser teenswoordig as 'n sleutelrolspeler in die hele proses beskou; hiervolgens behoort hulle aktief en konstruktief in die ontwerp-, disseminasie-, implementering- én evalueringsfases betrokke te raak en bly (Carl, 1995:16; Steyn, 1993:52-53). Dit hou in dat die professionele vaardighede wat van (wiskunde-) onderwysers vereis word voortdurend ontwikkel en groei, en gevolglik moet daar dan ook deurlopend wyse aan die ontwikkeling van sodanige vaardighede 'gewerk' word.

(6) Kommunikasievaardighede en kommunikasiekongruensie

Doeltreffende verbale en nie-verbale kommunikasie is van kernbelang vir doeltreffende onderrig en betekenisvolle leer om plaas te vind (Lang *et al.*, 1995:32). Daarsonder is outentieke medemenslike interaksie en dus onderrig, nie moontlik nie (kyk 2.4.3.6). Drinkwater (1995:24,32), asook Lang *et al.* (1995:30-32), stel dan ook tereg dat alle onderwysers noodwendig oor doeltreffende en kongruente kommunikasievaardighede moet beskik, waaronder:

- *Verbale kommunikasievaardighede*, wat die hoorbaarheid van die spreker, duidelike en korrekte algemene en vaktaalgebruik, presiese uitspraak van woorde, tempovariasie en beklemtoning, asook die vermyding van hinderlike gewoontes of mannerismes insluit.

- *Nie-verbale kommunikasievaardighede*, wat oogkontak, gesigsuitdrukkings en lyftaal, beweging in die klaskamer, gebare om leerders se aandag te trek, fisiese kontak soos om 'n leerder se handbewegings tydens konstruksie-aktiwiteite te 'stuur', stiltes om leerders se aandag te trek, ruimtelike rangskikking van die klaskamerinhoud en die hoeveelheid tyd wat aan 'n saak of taak gespandeer word, insluit.
- *Kommunikasiekongruensie*, wat beteken dat wiskundeonderwysers vaardig moet wees om hulle verbale en nie-verbale kommunikasiewyses te versoen, dit wil sê verbale en nie-verbale 'boodskappe' moet ooreenkom en mekaar onderling aanvul en ondersteun.

Wiskunde word in eie reg as 'n taal of vorm van kommunikasie beskou. In 'n wiskundige sin soos "2x + 1" of "2x + 1 = 0" word simbole gebruik om 'n spesifieke *eenduidige* boodskap weer te gee. As 'n wiskundeonderyser vra: "Wat is die produk van 12 en 13?" gebruik hy of sy woorde uit die leerder se algemene taalomgewing, maar nou het dit 'n spesifieke 'ander' betekenis. In beide gevalle is die betekenis van die boodskap egter vir die hoorder of leser verlore as die 'taal' nie verstaan word nie (Skemp, 1989:98-99). Hieruit behoort duidelik te blyk hoe belangrik dit is dat die wiskundeonderwyser in die besonder 'n vaardige algemene en wiskunde-kommunikeerder moet wees.

(7) Bestuursvaardighede

Daar is reeds herhaaldelik beklemtoon dat wiskundeonderrig en -leer doelgeoriënteerde menslike handelinge is. Daarby beklee die (wiskunde-) onderwyser se besluitneming 'n sentrale plek in die totale klaskamergebeure (kyk 2.2.3.3 en 3.4.3.5). Dit vereis sorgvuldige beplanning, organisering, beheer en kontrole van wiskundeonderrig- en leeraktiwiteite, asook die omgewing of konteks waarbinne dit gaan gebeur. Gevolglik behoort wiskundeonderwysers, om doeltreffende onderrig te kan gee, oor spesifieke beplannings-, organisasie- en beheervaardighede, dit wil sê bestuursvaardighede, te beskik. 'n Onderrigsituasie is in 2.4.1 met 'n ekostelsel vergelyk en in 'n ekostelsel is daar bepaalde beheerprosesse wat die produktiewe lewensprosesse moontlik maak en in stand hou. Soortgelyk moet die bestuurs-funksie en -vaardigheid in die klaskamer as 'n instrument tot doelbereiking, eerder as 'n doel op sigself beskou word (Zabel & Zabel, 1996: xxi). Dit sal dus 'n denkfout wees om doeltreffende onderrig summier aan doeltreffende klaskamerbestuur gelyk te stel. Die wiskundeonderwyser se onderrigfunksie en -vaardigheid en sy of haar

spesifieke bestuursfunksie en -vaardigheid moet dus *onderskei*, maar nie *geskei* word nie, aangesien die twee funksies en vaardighede deurlopend in wisselwerking is (Zabel & Zabel, 1996:120,135-136).

Die werkplek waarbinne wiskunde onderrig en geleer word, in die besonder, is 'n belangrike determinant van die doeltreffendheid waarmee die onderrig en leer geskied (kyk 2.4.3.7, asook 4.2.6.4). Dit moet byvoorbeeld 'n ryk en stimulerende 'leerdervriendelike' omgewing, waarbinne wiskunde geleer en onderrig kan word, wees en bly. Dit moet onteenseglik 'n *wiskunde*werk- en leerplek wees en dit verg onteenseglik intensionele beplanning, organisering, beheer en kontrole, waarin die leerder se leer- en verwante behoeftes en hoedanighede verreken is (Zabel & Zabel, 1996:121,127-128). Wiskundeonderwysers moet dus hulle klaskamers doeltreffend en met 'n vaardige en 'sagte' hand kan bestuur, maar dan moet hulle met spesifieke bestuursvaardighede toegerus wees.

- ***Die wiskundeonderwyser se ingesteldhede***

Die voorgaande besprekinge oor die onderriggewer as wesenstrek van wiskundeonderrig dui daarop dat 'n doeltreffende wiskundeonderwyser kundig ten opsigte van wat gedoen en vaardig ten opsigte van hoe dit gedoen word, is. Dit toon egter ook dat hy of sy bepaalde ingesteldhede openbaar wat tot die moontlikheid van leerbemoontliking kan bydra. Hierdie ingesteldhede sluit ten eerste sekere 'positiewe' *houdings* in, naamlik teenoor die self, die leerders en die vak. Daarby is reeds voldoende aangetoon dat die *beskouings* en *oortuigings* van die wiskundeonderwyser oor wiskunde, die onderrig en leer daarvan, en die rolle van die onderwyser, die leerder en die inhoud, asook die wisselwerking tussen die leer- en leefwêreld kragtige determinante van doeltreffende wiskundeonderrig is (kyk 3.2.2, 3.3.2 en 3.4). In kort, ten einde doeltreffende wiskundeonderrig te kan gee, moet die wiskundeonderwyser houdings, beskouings en oortuigings, wat bevorderlik vir leerdergesentreerde en leergerigte onderrig en leer van wiskunde is, openbaar (kyk ook Figuur 2.1 en Figuur 2.4).

Samevatting

Voorgaande bespreking rakende die onderriggewer as wesenstrek van wiskundeonderrig op skool, toon dat die wiskundeonderwyser se rol in en bydrae tot doeltreffende wiskundeonderrig daarin geleë is dat hy of sy verantwoordelik is om die verwagte wiskundeleer, aan die hand van geskikte leerinhoud, moontlik te maak. Hiertoe benodig hy of sy toereikende kennis van wat gedoen moet word, vaardig-

heid in hoe dit gedoen kan word en 'n ingesteldheid wat hom of haar in staat stel om dit wel te kan en wil doen. Die wiskundeonderwyser se kennis, vaardigheid en ingesteldheid is multidimensioneel van aard en die onderskeie komponente van elk dra samehangend tot die toereikendheid, al dan nie, daarvan by.

4.2.4.3 Die leerder

Die wiskundeleerder is die persoon in die wiskundeonderrigsituasie op wie die onderwyser se leerbemoontlikingshandeling gerig is. Ten einde doeltreffend te kan leer, moet die leerder die geselekteerde leerinhoud en -geleenthede optimaal benut en hiertoe moet hy of sy gereed en bereidwillig wees om deur aktiewe en konstruktiewe handeling aan die onderriggebeure deel te neem en daartoe by te dra (kyk 2.2.3.3). Hierin speel die leerder se kennis, vaardighede en ingesteldhede 'n bepalende rol (kyk Figuur 2.4). Die rol en bydrae van die leerder ten opsigte van doeltreffende wiskundeonderrig word vervolgens in terme van voormelde hoedanighede van die leerder toegelig. 'n Oorsigtelike ontleding van die wiskundeleerhandeling vooraf, bied 'n geskikte konteks vir die bespreking wat volg.

- ***Die wiskundeleerhandeling***

In navolging van Shuell (1988,1989,1990) is alreeds gestel dat leer 'n doelgeoriënteerde, aktiewe, konstruktiewe en kumulatiewe handeling is waartydens inligting tot betekenisvolle kennis verwerk word en wat ten beste in terme van probleemoplossing gekarakteriseer kan word (kyk 2.2.3.3). Aangesien probleemoplossing tegelyk ook 'n kenmerk en integrale funksie van wiskunde is, is dit duidelik dat probleemoplossing 'n onmisbare rol in die wiskundeleerhandeling sal speel. Daar is dan ook reeds herhaaldelik daarop gewys dat die oplos van relevante probleme tegelyk 'n gewenste en 'n doeltreffende konteks vir die betekenisvolle leer van wiskunde met begrip is (kyk byvoorbeeld 3.3.2.2 en 3.4.3.3 tot 3.4.3.6). Outentieke probleemoplossing vereis noodwendig dat die leerder doelgerig, aktief en konstruktief aan die onderrig-leergebeure deelneem. Daarby berus probleemoplossing noodwendig op die leerder se bestaande denk-, kennis- en ervaringsnetwerke (kyk 3.3.2.2), wat ook die kumulatiewe aard daarvan toon. Gevolglik kan onomwonde gestel word dat die wiskundeleerhandeling ten diepste deur outentieke probleemoplossing gekenmerk word.

Die inligtingverwerkingsaspek van wiskundeleer verdien nadere toeligting, aangesien begrip en insig van die transformasie van inligting tot betekenisvolle kennis nodig is om die eise wat tydens onderrigistuasies aan wiskundeleerders gestel

word, te kan verstaan. Shuell (1988:285-292) onderskei tien psigologiese of *leerfunksies* ("learning functions") wat leerders gebruik wanneer hulle van onderrig leer, en wat deur die leerder of die onderwyser geïnisieer kan word. Hierdie leerfunksies is die boustene van die verwerkingsproses; dit is dus van wesenlike belang *dat* elke funksie uitgevoer word, nie *hoe* dit gedoen word nie (Shuell, 1988:285). Die leerder kan elkeen naamlik op verskillende ewe doeltreffende en paslike wyses uitvoer. In navolging van Shuell (1988) word die funksies kortliks soos volg toegelig, waarna die inisiëring daarvan in Table 4.1 geïllustreer word:

- *Verwagtings* van die leerder oor: (1) die tipe leeruitkoms wat bereik moet word, byvoorbeeld verstaan *versus* memoriseer; (2) die doel van die leeraktiwiteit, byvoorbeeld inhoud leer *versus* die taak so gou moontlik afhandel; en (3) die eie vermoëns om die doel te bereik, byvoorbeeld self-doeltreffendheid. Elke leerder tree met bepaalde pre-konsepte en reeds gevormde verwagtings tot die onderrigsituasie toe, byvoorbeeld: "Wiskunde is 'n moeilike vak"; "Ek kan nie woordsomme doen nie"; of "Ek moet eerste klaar wees met die oefening." Hierdie verwagtings is nie staties of vas nie, maar kan deur die onderrig-leerprogram beïnvloed word.

- *Aandag*. Alle aspekte van die leertaak is nie ewe belangrik nie. Ten einde doeltreffend te kan leer, moet die leerder dus tussen relevante en nierelevante inligting kan onderskei en selektief aandag aan die relevante faktore gee. Leerders se verwagtinge bepaal grootliks waarop hulle aanvanklik fokus. Die relevante aspekte waaraan selektief aandag gegee word, mag verander namate die verwerkingsproses vorder. Gevolglik moet die onderwyser en die leerders daarmee rekening hou dat die selektiewe aandag gedurende onderrig-leer kan (behoort te) verander.

- *Kodering*. Leer behels die inkorporering van nuwe inligting in bestaande kognitiewe netwerke (kyk 3.3.2.2), maar ook die opspoor, gebruik en aanpassing van bestaande data. Hiertoe is dit noodsaaklik dat leerders die nuwe inligting in 'n geskikte vorm kodeer. Kodering van inligting geskied in verbale of visuele terme en die gekodeerde inligting kan voorbeelde of meer abstrakte verbande insluit. Die wyse van kodering word onder meer deur die onderrig-leerkonteks, leerderverwagtings en 'etiketering' van die inligting ("labelling") beïnvloed. Daarby blyk dit dat leerders se konstruktiewe handeling met nuwe inligting ("elaboration") kodering kan bevorder, terwyl kodering

van dieselfde inligting op verskillende wyses leer bevorder. Die "matematisering" wat tydens die onderrig en leer van wiskunde plaasvind (kyk 3.4.3.6), hou duidelik ten nouste met wiskundige kodering verband.

- *Vergelyking* en *verbandstelling*. Om te verseker dat nuwe inligting op geldige wyses met mekaar en met die bestaande kennisnetwerk verbind word (kyk 3.3.2.2), moet die leerder afsonderlike inligtingelemente met mekaar vergelyk en na toepaslike verbande daartussen soek.

- *Hipotesestelling*. Netsoos die onderwyser, moet die leerder ook tydens onderrig-leer besluite neem om doeltreffend te kan leer. Hiertoe moet leerders alternatiewe wyses om die doel te bereik soek, stel en toets.

- *Herhaling*. Herhaalde oefening of blootstelling aan relevante leermateriaal is noodsaaklik vir doeltreffende en betekenisvolle leer. Daarsonder is dit onwaarskynlik dat leerders komplekse konseptuele verbande of patrone, soos dié wat op die oplos van vergelykings of die gebruik van funksies betrekking het, sal ontdek en verstaan.

- *Terugvoer*. Leerders moet aktief terugvoer soek en kry oor die geskiktheid van hulle response en die lewensvatbaarheid van hulle hipoteses, anders kan hulle onbewus voortploeter sonder om betekenisvolle vordering na die bereiking van die doel te maak.

- *Evaluering*. Leerders moet die terugvoer wat hulle tydens onderrig-leer kry, asook die toereikendheid van hulle hipoteses, ook voortdurend evalueer, om geskikte besluite ten opsigte van hulle leer te kan neem.

- *Monitering*. Leerders moet hulle leer voortdurend moniteer en reguleer om hulle vordering te kan bepaal en hulle verwagtinge te kan verfyn of aanpas.

- *Kombinering, integrasie en sintese*. Die kennisstrukture wat deur onderrig-leer ontwikkel word, moet betekenisvol georganiseer wees om bruikbaar te kan wees. Hiertoe is dit noodsaaklik dat leerders diskrepante inligting uit verskillende bronne kombineer, integreer en sintetiseer.

Tabel 4.1 : Voorbeelde van hoe die leerfunksies in skoolwiskunde geïnisieer kan word (na Shuell, 1988:286)

Leerfunksie	Leerder-inisiëring	Onderwyser-inisiëring
Verwagting	Identifiseer die doel van die aktiwiteit of probleemstelling	Stel die doel van die oefening; spesifiseer leerdoelwitte; identifiseer leerder-verwagtings
Aandag	Maak notas; merk hoeke, sye, onderskei veranderlikes en konstantes; soek leidrade	Beklemtoon kernsake; verskaf aanduidings, wenke of leidrade
Kodering	Genereer eie/meer voorbeelde, diagramme, toepassingskontekste, mnemonieke (bv. "CAST" vir die 'teken' van trigonometriese funksies)	Verskaf/suggereer voorbeelde, diagramme, toepassings-kontekste, mnemonieke; vermy voorskrifte
Vergelyking	Soek/tabelleer ooreenkomste en verskille; stel grafies of diagrammaties voor	Vra vrae wat vergelyking vereis; verskaf tabelle, grafieke of diagramme
Hipotese-stelling	Soek/genereer moontlike alternatiewe of ooreenstemmende oplossings	Vra "Wat as...?"-vrae, moedig leerders aan om alternatiewe te soek of te oorweeg
Herhaling	Hersien afgehandelde werk, prosedures of handelingsekwense gereeld en sistematies; doen ekstra oefeninge	Verskaf geleentheid vir begeleide en onafhanklike inoefening, asook vir herhaalde blootstelling aan leermateriaal
Terugvoer	Stel self vrae en soek antwoorde daarop; vra terugvoer van ander	Gee terugvoer en korrigeer op aanvraag van leerder; skep geleentheid vir koöperatiewe leer en interaksie

Tabel 4.1 : Voorbeelde van hoe die leerfunksies in skoolwiskunde geïnisieer kan word (na Shuell, 1988:286) (vervolg)

Evaluering	Vra na wat bekend/waar of onbekend/vals is; toets eie respons, antwoord, standpunt	Dring aan op verduideliking, motivering of evaluering van leerder se respons, antwoord, standpunt
Monitering	Moniteer eie optrede, werk-prosedures en -sekwense; pas self-kritiek en -toetsing toe	Kontroleer begrip; stel proses-vrae; gebruik koöperatiewe leer en werk
Kombinering, integrering, sintetisering	Klassifiseer, kategoriseer inligting; soek en stel verbande; onderskei lae- en hoë-orde verbande; soek soortgelyke/verwante probleem- of toepassingsituasies en los op	Vra vrae wat die kombinering en integrering van inligting vereis; vermy voorskrifte; laat leerlinge relevante probleme koöperatief en individueel oplos

'n Vergelyking van die leerfunksies en die probleemoplossingfunksies of -stappe (kyk 3.4.3.2) toon dat elkeen van die leerfunksies goedskiks op probleemoplossing van toepassing gemaak kan word, en omgekeerd. Die verband tussen wiskundeleer en wiskundige probleemoplossing is dus inderdaad so nou en heg, dat die twee menslike handelinge byna as ekwivalente beskou kan word. Die kernargument is dus dat outentieke relevante wiskundige probleemoplossing die hart en wese van wiskundeleer behoort te wees. As die leerder egter nie hiertoe gereed en bereid-willig is nie, sal hierdie hoë ideaal bloot 'n onvervulde droom bly. Leerders moet dus oor bepaalde relevante 'dink'-, 'doen'- en 'praat'-kennis, -vaardighede en –ingesteld-hede beskik (vergelyk Sai, 1994:17).

Die wiskundeleerder se kennis

Die kumulatiewe aard van leer dui daarop dat nuwe inligting in terme van bestaande voorkennis en ervaring verwerk word (Shuell, 1988:281). Tydens die leerproses word 'nuwe' kenniselemente aan die bestaande kennisnetwerk verbind en die mate waarin die nuwe kenniselemente betekenisvol verstaan word, is 'n funksie van die geldigheid, sterkte en hoeveeldheid van die gevormde verbindings (kyk 3.3.2.2). Die

implikasie hiervan is duidelik: die leerder se voorkennis en ervaring moet sodanig wees dat hy of sy in staat is om nuwe inligting wat geleer moet word, aan voldoende geldige nodusse te verbind. Die leerder wat nie oor sodanige wiskundige voorkennis en ervarings beskik nie, kan dus nie doeltreffend in 'n bepaalde wiskundeonderrig-situasie dink, doen, praat en leer nie. Gebrekkige voorkennis of verwarrende vorige wiskunde-ervaring mag byvoorbeeld tot lae of ontoepaslike leerverwagtings of wanopvattings bydra, wat die kodering van nuwe inligting mag belemmer.

Uit voorgaande blyk verder dat wiskundeleerders se kennis 'n bepaalde opbou- of progressielyn of -struktuur (behoort te) vertoon. Sekere kennisbesit gaan gewoon die verwerwing van volgende kennis vooraf. Byvoorbeeld, leerders kan nie aan 'n wiskundige handeling soos die oplos van vergelykings betekenis heg as hulle nie reeds begrippe soos veranderlike, oplossing en vergelyking verstaan nie. In gevalle is 'n mate van interaksie tussen verskillende soorte kennis nodig alvorens nuwe leer kan plaasvind. Byvoorbeeld, die interaksie tussen taalbegrippe, soos 'voor', 'agter', 'bo-op' en 'langsaan', en begrip van die ruimtelike oriëntasie en vorm van 'n fisiese objek, soos 'n kubus of 'n sfeer, bepaal wat en hoeveel van die ontvouings van soliede figure geleer en verstaan word (Van Niekerk, in voorbereiding).

Weinstein en Meyer (1991:18-19) wys tereg daarop dat 'n leerder se self-kennis 'n belangrike funksie met betrekking tot doeltreffende (wiskunde-) leer speel. Dit sluit onder meer die leerder se kennis van hom- of haarself as wiskundeleerder, asook die kennis van sy of haar wiskundige voorkennis in.

Leerders se vorige algemene en wiskundige leer- en lewenservaring, en dus hulle wêreldbeskouing ("world view"), mag grootliks verskil; daarby is dit van sodanige persoonlike aard dat dit ook nie akkuraat bepaal of geëvalueer kan word nie. Die aard, omvang, gehalte en diepte van voorkennis waarmee leerders tot 'n bepaalde onderrigsituasie toetree, verskil dus noodwendig en indien die wiskundeonderwyser hierdie verskille nie behoorlik verreken nie, is doeltreffende wiskundeonderrig in daardie spesifieke geval onmoontlik. Die 'wiskundige rykheid' van leerders se onderskeie leef- en leerwêrelde speel uiteraard 'n belangrike rol in hierdie verband.

Netsoos die wiskundeonderwyser behoort die wiskundeleerders aktief en konstruktief aan die onderrig-leergebeure deel te neem. Daarom benodig hulle bepaalde inhoud-kennis wat van geskikte aard, gehalte en omvang is, maar ook bepaalde prosedure-kennis van hoe om daarmee te handel. Hiertoe moet hulle kennis dra van die kenmerke van die spesifieke konteks waarbinne die onderrig en leer (gaan)

plaasvind en bewus wees van spesifieke taakverwante vereistes wat mag geld, asook kennis dra van toepaslike wiskunde-leerstrategieë en hoe om dit te selekteer en te gebruik (Weinstein & Meyer, 1991:19; vergelyk ook Weinstein & Mayer, 1986).

Voorgaande bespreking en voorbeelde toon dan ook dat wiskundeleerders se kennis, netsoos dié van die wiskundeonderwyser, verskillende komponente en vlakke vertoon. Hulle moet byvoorbeeld in 'n bepaalde probleemsituasie voldoende inhoudelike voorkennis, sowel as geskikte strategie-kennis hê om die probleem te kan oplos. Verder dui die voorgaande bespreking oor en voorbeelde van die leerhandeling en -funksies daarop dat wiskundeleerders se kennis besliste kognitiewe, metakognitiewe, affektiewe, konatiewe en psigomotoriese denkkomponente vertoon en betrek. Trouens, vanuit 'n totaliteitsperspektief word hier geargumenteer dat dit die leerder se totale kennis- en denkstruktuur betrek. Die wiskundeleerder se kennis, wat in die wiskundeklas vir doeltreffende leer noodsaaklik is, mag dus nie as 'n geïsoleerde kenniseenheid beskou word nie, maar as 'n integrale deel van die leerder se totale kennisbesit.

Die wiskundeleerder se vaardigheid

Leerders het nie net toereikende inhoudelike en ander kennis nodig om wiskunde te kan doen en leer nie, maar hulle moet hul kennis ook vaardig kan gebruik om leer- en ander take suksesvol uit te voer (Weinstein & Meyer, 1991:19). Byvoorbeeld, wanneer wiskundeleerders 'n spesifieke wiskundeprobleem wil oplos, het hulle nie net kennis van verskillende oplosstrategieë nodig nie, maar moet hulle in staat wees om geskikte en toepaslike strategieë te kies of te konstrueer en toe te pas. Daarby behoort leerders ook in staat te wees om geskikte leerstrategieë te kies en toe te pas wanneer spesifieke leertake, soos om meetkundestellings of -bewyse te leer, uitgevoer moet word. Wiskundeleerders benodig dus sekere kognitiewe en metakognitiewe denk- en probleemoplossingsvaardighede om wiskunde doeltreffend te kan doen en leer.

'n Leerder mag byvoorbeeld weet dat en hoe hy of sy 'n passer en liniaal kan gebruik om 'n gevraagde konstruksie uit te voer, maar steeds onsuksesvol wees omdat hy of sy nie oor die psigomotoriese vaardigheid beskik om 'n passer te gebruik nie. Verder gebruik wiskundeleerders dikwels sakrekenaars, rekenaars en ander leermedia om spesifieke take uit te voer; dit vereis ook 'n bepaalde mate van psigomotoriese vaardigheid van die leerders wat dit moet of wil gebruik. In die besonder vergemaklik die sakrekenaar berekenings ("computation") sodanig dat

leerders aan (meer) realistiese probleemsituasies blootgestel kan word, terwyl hulle aandag op die proses van probleemoplossing gefokus kan bly. Daarby berus die werking van alle sakrekenaars nie op dieselfde bewerkingslogika nie. Indien die leerder dus nie die betrokke bewerkingsorde vaardig kan uitvoer nie, is die sakrekenaar nie eintlik 'n hulpmiddel nie en kan dit nie werklik as leermiddel benut word nie.

As leerders die 'taal' van wiskunde en dié in wiskundeklasse nie verstaan of kan gebruik nie, kan hulle nie konstruktief aan die onderrig-leergebeure deelneem nie en ook hulle eie idees, denk- en werkwyses duidelik maak nie (Skemp, 1989: 90,98-99). 'n Wiskundeonderwyser kan byvoorbeeld 'n diagram, grafiek of wiskundige model gebruik om 'n punt duidelik te maak of om te 'wys wat gebeur'; leerders wat die taal (simboliek) van hierdie 'verduideliking' nie kan verstaan of volg nie, baat egter nie daarby nie en mag dit selfs as 'n 'ver-onduideliking' ervaar. Hulle word eerder daardeur van die onderrig-leeromgewing geïsoleer met die gevolg dat die moontlikheid van doeltreffende wiskundeonderrig grootliks geïnhibeer word.

Skemp (1989:94-96) onderskei 'n belangrike dimensie van simboliese wiskunde-kommunikasie, naamlik: leerders verstaan en gebruik simbole op 'n lae-, sowel as 'n diepvlak. Byvoorbeeld, wanneer 'n leerder "234" skryf, bedoel hy of sy op die laevlak daarmee die driesyfergetal "tweehonderd een-en-dertig", bestaande uit 2, 3 en 4 in daardie volgorde van links na regs; op die diepvlak bedoel hy of sy "2 honderde, 3 tiene en 4 ene" of "$2x10^2 + 3x10^1 + 4x10^0$". 'n Leerder wat 'n getal groter as 1 moet gee en dan "1" skryf, reageer op die laevlak en kan reg wees, terwyl een wat "2" skryf op die diepvlak reageer en ook reg kan wees; die uitdrukking "2 > 1" dra egter 'n verstaanbare *wiskundige* betekenis, maar "1 > 1" nie. Doeltreffende en geldige kommunikasie op, en beweging tussen die twee vlakke, hang van die gebruiker en hoorder of leser se vaardigheid in hierdie verband af.

Wiskundeleerders, netsoos hulle onderwysers, benodig dus algemene en spesifieke taal- en kommunikasievaardighede om tot die doeltreffendheid van wiskunde-onderrig by te dra. Skemp (1989:111) dui tereg aan dat die leerders se vaardighede met betrekking tot *waarneem*, *luister*, *reflekteer* en *bespreek* veral van kardinale belang is.

Die belang van kommunikasievaardighede blyk verder uit Good *et al.* (1992:183) se bevinding dat probleemoplossing en koöperatiewe leer en werk in die wiskundeklas hand aan hand gaan (kyk ook Qin, Johnson & Johnson, 1995). In koöperatiewe

probleemoplossing moet leerders naamlik verskillende geskikte oplossings in hulle groepe beredeneer om sodoende 'n 'beste' oplossing te bepaal, waarna hulle ander groepe van die meriete van hulle 'beste' oplossing moet oortuig (Artzt & Newman, 1990:449). Tuttle (1990:427-428) stel tereg dat hierdie kommunikasievaardigheid in die werklike 'wiskundige wêreld' noodsaaklik is en dat leerders dit dus ook in die wiskundeklas moet aanleer en oefen.

Dit word allerweë ervaar en erken dat wiskunde deur leerders as abstrak beleef kan word, terwyl probleemoplossing as moeilik ervaar kan word. Dit kan daartoe lei dat leerders ongemotiveerd is om wiskunde te doen en leer, dat hulle wiskunde liefs wil vermy of selfs dat hulle 'wiskundeangs' ontwikkel (Gierl & Bisanz, 1995:152; McLeod, 1992:584; vergelyk ook Stodolsky, 1985). Daarenteen bevorder 'n hoë vlak van intrinsieke motivering en self-regulering doeltreffende strategiese (wiskunde-) leer (McLeod, 1992:586; Weinstein, Meyer & Van Mater Stone, 1994:365). Hieruit blyk dat wiskundeleerders ook affektiewe en konatiewe vaardighede, soos dié wat op self-motivering en self-gereguleerde leer betrekking het, benodig om optimaal by die wiskundeonderrig waaraan hulle blootgestel is, te baat.

Die wiskundeleerder se ingesteldheid

Die aangehaalde uitsprake van *begaafde* leerders oor wiskunde, waaroor in 3.2.2.1 gerapporteer is, toon dat hierdie wiskundeleerders verwag om in die wiskundeklas regte antwoorde langs vaste eenduidig-bepaalde roetes te verkry. Trouens, dit wil voorkom asof hierdie verwagting hulle veilig in die tradisionele wiskundeklas laat voel (Suppes & Ager, 1995:357). Die aangehaalde werke van Garofalo (1989) en Schoenfeld (1988) toon dat sulke statiese rigiede beskouings en verwagtings ook by minder suksesvolle wiskundeleerders leef, maar dat dit hulle intimideer en laat onveilig voel. Dit kan dus gestel word dat wiskundeleerders tradisioneel statiese en rigiede verwagtings van wiskunde en wiskundeonderrig en -leer koester, wat tot 'n verskraalde en potensieel gevaarlike ingesteldheid by die leerders lei (Frank, 1990:10). Leerders is byvoorbeeld geneig om na 'die reël' te soek en dit slaafs te volg as dit eers gevind is, en om tevrede te voel as hulle antwoord 'reg' is, of daar nou 'n geldige pad gevolg is of nie - of om angstig, selfs vreesagtig, te word as hulle onsuksesvol is. Op grond van die prosesgerigte besprekinge in hierdie ondersoek oor die aard van wiskunde en die onderrig en leer daarvan word hier geargumenteer dat die vorming van sodanige ingesteldheid aktief teëgewerk behoort te word.

In omstandighede soos hierbo geskets, is dit moontlik dat 'n wiskundeleerder in 'n besondere situasie oor voldoende kennis beskik oor wat om te doen en dat hy of sy selfs weet hoe om dit te doen, maar tog nie bereid is om die taak wel aan te pak of uit te voer nie. 'n Negatiewe houding, gebrek aan selfvertroue of waagmoed, 'n lae gevoel van self-doeltreffendheid of vrees vir mislukking mag die rede hiervoor of die gevolg daarvan wees,. Sodanige leer-inhiberende ingesteldhede behoort eweneens aktief teëgewerk te word. Daarteenoor behoort die ontwikkeling van ingesteldhede soos 'positiewe' vak- en leerhoudings, verantwoordelike waagmoed, hoë vlakke van intrinsieke motivering en selfvertroue, self-doeltreffendheid en bereidwilligheid tot doelgerigte, eerlike, harde werk in individuele en samewerkende verband eerder bevorder te word.

Op grond van voorgaande bespreking oor die wiskundeleerhandeling word gestel dat outentieke lewensrelevante probleemoplossing, in individuele en koöperatiewe verband, die ontwikkeling van 'positiewe' ingesteldhede by wiskundeleerders mag bevorder. Indien dit leerder-gesentreerd en leer-gerig onderneem word, mag alle leerders uitgedaag, eerder as bedreig of geïntimideer voel, en mag hulle gemotiveer word om waagmoed te openbaar en aktief deel te neem en na die bereiking van die doel te streef, eerder as om deelname te probeer vermy en mislukking te verwag. Die betekenisvolle doen van relevante wiskunde in hierdie omstandighede mag verder daartoe bydra dat wiskundeleerders, soos elke 'arbeider wat sy of haar loon werd is', die waarde van 'eerlike harde werk om die doel te bereik', ontdek, verstaan en as leeringesteldheid en etiese norm aanneem. Sodanige etiese ingesteldheid, naamlik 'n 'goeie' werketiek in die wiskundeklas en daarbuite, verskaf 'n noodsaaklike en vrugbare groeibodem vir die ontwikkeling van 'positiewe' ingesteldhede ten opsigte van die onderrig en leer van skoolwiskunde. As sodanig vorm dit 'n onmisbare element van 'n gewenste kultuur van onderrig en leer in wiskundeklasse op skool.

4.2.4.4 Sintese

Elk van die twee persone in die wiskundeonderrigsituasie, naamlik die onderwyser en die leerder, is aktief en konstruktief by die onderrig-leergebeure betrokke. Vanweë elk se hoedanighede is hulle egter op verskillende wyses betrokke, dit wil sê hulle rolle en verantwoordelikhede ten opsigte die doeltreffendheid van die gebeure verskil. Die wiskundeonderwyser behoort op grond van sy of haar volwassenheid en rypheid, grondige kennis, meerdere vaardigheid en positiewe ingesteldheid in staat

te wees om as verantwoordelike skepper of bemoontliker van betekenisvolle geleenthede vir wiskundeleer, medemenslike empatieke begeleier, doeltreffende leier en navolgingswaardige rolmodel op te tree. Die leerder behoort op grond van sy of haar gereedheid en bereidwilligheid om (mede-) verantwoordelikheid vir sy of haar eie leer en ontwikkeling te aanvaar in staat te wees om aktief en konstruktief aan die onderrig-leergebeure deel te neem en produktief daartoe by te dra ten einde toepaslike en waardevolle kennis-, vaardighede en ingesteldhede te ontwikkel en te gebruik tot eer van die Skepper en tot nut van die medemens en die geskape werklikheid.

Die verhouding tussen die onderwyser en die leerder, asook tussen die leerders onderling, berus op vertroue, wedersydse respek en egte medemenslikheid. Elkeen tree as volwaardige mens met 'n bepaalde mate van gesag en outonomie, maar tog ook interafhanklikheid op: die onderwyser op grond van sy of haar vermoë tot verantwoordelike leidinggewing en die leerder op grond van sy of haar bereidwilligheid en gereedheid om betekenisvol te leer. Die persone is dus gelykwaardige vennote wat afsonderlik en koöperatief medeverantwoordelik is om aan die hand van outentieke en relevante probleemoplossing dit vir die leerder moontlik te maak om wiskunde betekenisvol en met begrip te leer en nuttig te gebruik.

4.2.5 Aktiewe begeleide interaksie in wiskundeonderrig

4.2.5.1 Oriëntering

Van Zyl (1975:315) stel tereg dat die kern van onderrig 'medemenslike hulp by leer' is (kyk 2.2.3.2). Tradisioneel is egter aanvaar dat slegs die onderwyser hierdie hulp in die wiskundeklas kan verleen, maar die besondere en doeltreffende bydrae van medeleerders in hierdie verband word teenswoordig maar te goed begryp (Artzt & Newman, 1990:448; Good *et al.*, 1992:167). Dit dui op 'n bepaalde mate van interafhanklikheid tussen al die persone in wiskundeonderrigsituasies, wat egte intermenslike interaksie tussen hulle noodsaak. Aangesien die leerinhoud instrumenteel tot die bereiking van die doel bydra (kyk 2.4.3.3 en 4.2.3), moet die persone ook noodwendig op 'n bepaalde wyse met die leerinhoud in interaksie tree.

In hierdie gedeelte word die noodsaak van interaksie as wesenstrek van wiskundeonderrig aanvaar (kyk 2.2.3.2 en 2.4.3.6); gevolglik is die fokus hoofsaaklik op die verwesenliking daarvan ten einde tot die doeltreffendheid van die onderrig by te dra.

4.2.5.2 *Wiskundeonderrig as gespreksgeleentheid*

Daar is reeds herhaaldelik gestel dat wiskunde 'n bepaalde vorm van kommunikasie impliseer (kyk 3.3.2, 4.2.3.2 en 4.2.4.2). Wanneer persone dus wiskunde doen, is hulle tegelykertyd in 'n spesifieke kommunikasie- of gespreksituasie. Sommige inhoude en betekenisse word deur middel van abstrakte simbole, soos in: "$A = \pi r^2$", "$AB \perp CD$" of "$\forall x \in \Re: f(x) = x^2 \geq 0$", gekommunikeer. Ander word as 'gewone' gesproke en geskrewe taal gekommunikeer, soos in: "Die som van twee getalle is vyf"; "Wie kon die som doen?"; en "Jy het 'n passer en liniaal nodig." Soos in enige ander gesprek, moet al die deelnemers aan die gesprek tydens wiskundeonderrig die taal wat gebruik word, verstaan en kan gebruik.

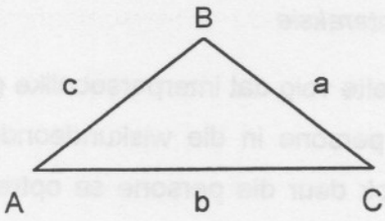
Leerders ondervind veral probleme met die simboliese aspek van wiskunde-gesprekke, wat die doeltreffendheid van die onderrig in gedrang kan bring (Skemp, 1989:90; Stols, 1996:60). Enkele tipiese voorbeelde van simboliese wiskundige gesprek behoort die rede hiervoor duidelik te maak.

- Leerders verstaan en gebruik simbole op 'n lae- en diepvlak (kyk 4.2.4). Dit kan ook daartoe lei dat leerders dieselfde simbool in bepaalde omstandighede verskillend kan verstaan of gebruik (Skemp, 1989:97-98).

- Sommige simbole het 'n konstante of universele betekenis, dit wil sê *dieselfde* simbool word in alle gevalle vir dieselfde doel gebruik. Simbole soos "π", "+" en "=" is voorbeelde hiervan.

- Ander simbole het 'n 'konvensionele' betekenis, soos in die uitdrukking "$y = ax^2 + bx + c$" waar "x" en "y" konvensioneel gebruik word om 'veranderlikes' aan te dui, terwyl "a", "b" en "c" gebruik word om 'konstantes' aan te dui.

- In onderstaande figuur dui die hooflettersimbole "A", "B" en "C" die *hoekpunte* van die driehoek aan, terwyl die kleinletters "a", "b" en"c" die *sye* of *sylengtes* aandui; die letters "P", "Q", "R", "p", "q" en "r" sou egter ook gebruik kon word. Hierin word hoof- of kleinletters volgens 'n bepaalde konvensie gebruik, terwyl die spesifieke keuse van letterpare (soos 'A↔a' of 'P↔p') willekeurig is.



Daarby het navorsing oor koöperatiewe leer die deurslaggewende rol van gesprek met betrekking tot denkvorming en -ontwikkeling en dus doeltreffende leer duidelik aangetoon (Qin *et al.*, 1995:136). Sai (1994:17) dui dan ook tereg aan dat 'praat' (leerdergesprek) integrerend tot doeltreffende wiskundeonderrig en -leer bydra. Hiervolgens is dit belangrik *dat* die persone praat; *hoe* hulle praat is egter netso belangrik. Hiertoe moet aan al die vereistes wat met betrekking tot doeltreffende kommunikasie in onderrig-leerverband gestel word, voldoen word (kyk voorgaande bespreking oor die onderwyser en die leerder se kommunikasievaardighede).

Behalwe dat gesprek ten doel het om betekenisse of boodskappe te kommunikeer, dien dit ook as 'n waarneembare aanduiding van 'interpersoonlike bemoeienis'. Wanneer 'n wiskundeonderwyser of 'n maat byvoorbeeld tydens 'n probleem-oplossingsessie met 'n leerder, wat nie beduidende vordering maak nie, oor dié se denkwyse en plan in gesprek tree, gee die onderwyser of maat nie net daardeur terugvoer oor die geskiktheid, al dan nie, van die denkwyse of plan nie, maar toon hy of sy ook 'n mate van belangstelling in wat en hoe die leerder doen, asook 'n bereidwilligheid om daarmee te help. Op hierdie wyse kan gesprek in onderrig-leer-verband tot die ontwikkeling van 'n kultuur van medemenslike interaksie en hulp-verlening, en dus onderrig en leer, in wiskundeklasse bydra.

Dit kan dus nie anders as dat elke situasie waarbinne skoolwiskunde onderrig word, noodwendig 'n interaksie- of gespreksituasie is nie. Daarby kan doeltreffende skool-wiskundeonderrig bepaald ook nie sonder interaksie en gesprek plaasvind nie.

4.2.5.3 Die aard van interaksie in wiskundeonderrig

Dit behoort reeds duidelik te wees dat wiskundeonderrig deur verskillende soorte wisselwerking of interaksiepatrone gekenmerk word. Hoewel daar toevallige inter-aksie-episodes mag voorkom, is die fokus hier op verantwoordbare interaksies wat wesenlik tot die egtheid en die doeltreffendheid van wiskundeonderrigsituasies bydra. Hierdie interaksies word vervolgens kortliks toegelig.

- *Interpersoonlike interaksie*

Uit die voorgaande gedeelte volg dat interpersoonlike gesprek noodsaaklikerwys en intensioneel tussen die persone in die wiskundeonderrigsituasie plaasvind. Deur hierdie gesprek, maar ook deur die persone se optredes oefen hulle 'n bepaalde invloed op mekaar uit en tree hulle doelgerig met mekaar in wisselwerking. Sodoende ontstaan 'n besondere 'klimaat' en 'kultuur' in wiskundeklasse, wat die doeltreffendheid, al dan nie, van die onderrig en leer in daardie klasse bepalend beïnvloed (Baxter, 1995:53-55; vergelyk ook Nickson, 1992). In hierdie verband bevind Cobb en Yackel (1994) byvoorbeeld dat sekere 'sosio-wiskundige norme' deur sosiale interaksie in wiskundeklasse onderhandel word en dat hierdie norme die onderrig- en leerhandelinge in daardie klasse deurlopend reguleer (vergelyk ook Nieuwoudt & Baxter, 1996:183-184). *Interpersoonlike interaksie* kan met reg as die 'kern' van doeltreffende onderrig beskou word, in die besonder van wiskunde. Twee wesenlik verskillende vlakke van interpersoonlike interaksie kan onderskei word, naamlik *onderwyser-leerder-* en *leerder-leerder*-interaksie.

Onderwyser-leerder-interaksie vind tussen 'een wat weet of kan' en 'ander wat nie weet of kan nie' plaas. As sodanig kan hierdie tipering van die interaksies maklik in statiese en voorskriftelike terme beskou word, as sou die onderwyser altyd die een wees wat beter weet of kan, terwyl leerders nie weet of kan nie. Die onderwyser moet dus vir die leerders sê wat en hoe om te doen, terwyl hulle moet luister en navolg. Dit sou egter 'n verloëning van die gees van die argumentasie in hierdie werk oor die aard van leerdergesentreerde en leerbemoontlikende wiskunde-onderrig wees. Hiervolgens behoort die onderwyser-leerder-interaksie deurentyd doelgerig en verantwoordbaar op die leerder en sy of haar leer- en betekenis-gewingbehoeftes en -nood, asook denk-, leer- en werkwyses gerig wees, en nie op die onderwyser nie. Dit hou in dat die onderwyser nie altyd die een wat (beter) weet hoef te wees nie, maar 'n leerder(s) hierdie rol kan vervul. Verder hou dit ook in dat die onderwyser *nie* tydens probleemoplossing met die oog op begrip- en denk-vorming mag ingryp en vir leerders voorskryf of selfs suggereer *hoe* hulle te werk moet gaan nie.

Voorts hoef hierdie interaksies nie altyd informatief of mededelend van aard te wees nie, maar veral ook uitnodigend, aanmoedigend, ondersteunend en gerustellend van aard. Hierdie interaksies hoef ook nie altyd deur die onderwyser geïnisieer te word nie, maar elke leerder moet vrymoedig op eie inisiatief in interaksie met die onderwyser kan tree. Die rolle van 'die wat weet of kan' en 'die wat nie weet of kan

nie' kan in bepaalde situasies omruil (kyk 2.4.3.6). In die besonder ontwikkel leerders eie of nuwe oplos- of werkwyses wat hulle aan die onderwyser en ander leerders moet verduidelik. Uit hoofde van sy of haar verantwoordelikheid in die onderrigsituasie behoort die wiskundeonderwyser egter in alle gevalle sorg te dra dat die interaksies in diens van die doel van die onderrig-leergebeure staan.

Die besondere belang en bydrae van leerder-leerder-interaksies tydens wiskunde-onderrig is nie te betwyfel nie, soos Artzt en Newman (1990) en Good en medewerkers (1992) dan ook aandui. Die leerder kan in onderwyser-leerder-gesprekke of -interaksie oorskat, onderskat of tot gedienstige onderdanigheid gedwing word, maar leerder-leerder-interaksies vind binne die portuurgroep op meer gelyke voet en tussen eweknieë plaas, in weerwil van individuele verskille wat mag voorkom. Die moontlikheid van oorskatting, onderskatting of gedwonge dienstigheid is hier dus beduidend kleiner, waardeur vrymoedige, eerlike en onpretensieuse deelname van al die partye bevorder kan word. Hiertoe is wedersydse begrip en waardering vir mekaar se pogings en standpunte natuurlik noodsaaklik, maar dan moet die leerders in staat en bereid wees om mekaar te aanvaar en onvoorwaardelik te respekteer, en vir mekaar ruimte te gee om te verskil.

Vanuit 'n 'medemenslike-hulpverlening-tot-leer'-perspektief beskou, toon voorgaande dat egte en doeltreffende interpersoonlike interaksie tydens wiskunde-onderrig alleen moontlik is indien dit op onderlinge respek, vertroue en aanvaarding berus.

- *Persoon-omgewing-interaksie*

In hierdie werk word ten gunste van die benutting van outentieke en relevante probleemoplossing as konteks vir wiskundeonderrig en -leer geargumenteer (kyk 3.4.3, .4.2.3.3, 4.2.4.2 en 4.2.4.3). Dit hou in dat wiskundige probleme wat uit die leerder se leefwêreld kom of daarmee verband hou, in 'n realistiese konteks ondersoek en opgelos word. Op hierdie wyse tree die onderwyser, sowel as die leerders in wisselwerking met die omgewing waarin hulle leef, leer en werk. In hierdie interaksie met die omgewing word die leerinhoud as eksemplaar van die leefinhoud beskou en benader. Hiervolgens word wiskunde-inhoud nie in statiese terme as doel op sigself beskou nie, maar op dinamiese wyse as 'beste' middel tot die bereiking van die doel deur almal (kyk 4.2.3.1). As sodanig tree die onderwyser en elke leerder doelgerig, aktief en konstruktief met die leerinhoud in wisselwerking of 'gesprek'. Die leerinhoud is as't ware soos klei in die hande van die persone om

te ontgin, te brei en te vorm, terwyl die inhoud tegelykertyd 'n 'boodskap' vir die persone bevat en sodoende 'n bepaalde invloed op hulle uitoefen.

Indien die persoon-omgewing-interaksie egter tydens wiskundeonderrig van die noodwendige band tussen die leef- en leerwêreld van die leerder gestroop word, verloor dit betekenis en waarde (kyk 3.4.3.4, 3.4.3.6 en 4.2.6). Persoon-omgewing-interaksie tydens wiskundeonderrig en –leer is dus doeltreffend na die mate waarin dit realiteitsverbonde bly en deur betekenisgewing en waardetoevoeging gekenmerk word.

- *Intrapersoonlike interaksie*

Deur interaksie met ander, die omgewing en die leerinhoud leer die wiskunde-onderwyser en die leerder hom- of haarself ook beter ken en verstaan. Wiskunde-onderwysers ontdek bepaalde sterk- en swakpunte of leemtes in hulle wiskundige, pedagogiese of persoonlike mondering op grond waarvan hulle in self-gesprek ("inner talk") of -interaksie tree. Soortgelyk tree leerders met hulleself in interaksie en kom so tot beter selfkennis en -begrip van hulle eie leer en -handeling. Dit is duidelik dat eerlike en volgehoue intrapersoonlike interaksie daadwerklik tot die doeltreffendheid van wiskundeonderrig kan bydra.

4.2.5.4 Die plek van interaksie in wiskundeonderrig

Die wiskundeonderrigsituasie is noodwendig aan die breë omgewing waarbinne mense leef, leer en werk, gekoppel. Trouens, die relevansie en betekenis wat die wiskundeonderrig-leergebeure vir die betrokke leerders inhou, word bepalend deur hierdie band beïnvloed (kyk 3.4.3.6, 4.2.3.2 en 4.2.6). Die betekenisgewing en inligtingverwerking wat noodsaaklikerwys tydens wiskundeonderrig moet plaasvind, geskied dus onder meer in terme van die persoon-omgewing-interaksie wat plaasvind. Die inter- en intrapersoonlike interaksie wat plaasvind, beïnvloed die regulering, monitering en evaluering van voormelde twee kernhandelinge in 'n bepalende mate (kyk 4.2.4.3) en dra sodoende tot die verdere ontwikkeling daarvan by. Interaksie beklee dus 'n sentrale plek in doeltreffende wiskundeonderrig: daar-sonder is onderrigsituasies leweloos, staties en steriel. Doelgerigte medemenslike interpersoonlike, eerlike intrapersoonlike en totaliteitsgebonde persoon-omgewing-interaksie, insluitende konstruktiewe handeling met en rondom geselekteerde leer-inhoude uit die leef- en leeromgewing, is integrerend deel van elke wiskunde-onderrigsituasie en dra kumulatief tot die doeltreffendheid daarvan by (kyk Figuur 2.3, asook Cohen, 1993:792).

4.2.5.5 Sintese

Interaksie is onteenseglik 'n wesenstrek van onderrig (kyk 2.2.3.2, 2.4.1 en 2.4.3.6). Interaksie in onderrigsituasies vind op interpersoonlike, intrapersoonlike en persoon-omgewing-vlak plaas. Wiskundeonderrig kan dus nie sonder interpersoonlike, intrapersoonlike en persoon-omgewing-interaksie plaasvind nie. Die aard, frekwensie en gehalte van interaksies op al hierdie vlakke, dra in 'n besondere en bepalende mate tot die doeltreffendheid, al dan nie, van die verloop en afloop van wiskundeonderrig by.

4.2.6 Die ekologie van wiskundeonderrig op skool

4.2.6.1 Oriëntering

Die 'kontekstualiteit' van onderrig is 'n sleutelaspek van die bespreking in hierdie werk. Die konteks-bepaaldheid en -verbondenheid van onderrig, wiskundeonderrig in die besonder, het dan ook meermale aan die lig gekom. Die samehange en verwantskappe in 'n onderrigsituasie is byvoorbeeld met dié in 'n ekostelsel vergelyk (kyk 2.4.1), terwyl die 'ingenestheid' van onderrigsituasies in die breë lewens-omgewing aangetoon is (kyk 2.2.3.3). Daar is ook aangetoon dat die wisselwerking tussen die werklike wêreld van wiskunde en die wiskundeleerwêreld van die kind, 'n grondliggende determinant van doeltreffende wiskundeonderrig is, wat noodwendig in die beplanning, uitvoering en evaluering daarvan verreken moet word (kyk 3.2.2.2, 3.3.2.2, 3.3.3, 3.4.3, 4.2.3.2 en 4.2.5.3). Daar is byvoorbeeld geargumenteer dat (wiskunde-) onderrig altyd in 'n bepaalde konteks plaasvind en dat die oplos van relevante en realistiese probleme 'n gewenste en doeltreffende konteks vir die onderrig en leer van skoolwiskunde is.

Voorgaande dui op die bestaan van 'n spesifieke 'ekologiese verband' wat onderrig op skool, wiskundeonderrig in die besonder, bepalend kan beïnvloed. Op grond van hierdie verband beskou Zabel en Zabel (1996:21) die klassituasie as 'n ekostelsel, en stel hulle dat die volgende tydens 'n ontleding van hierdie ekostelsel oorweeg moet word:

- Die interaksies tussen die persone in die ekostelsel en hul fisiese en sosiale omgewing (vergelyk ook die bespreking oor interaksie in 4.2.5).
- 'n Holistiese of geheelbeskrywing van die ekostelsel, eerder as die isolering van spesifieke kenmerke.

- Die houdings, gevoelens en persepsies van die individue in die ekostelsel en hulle gedrag in die stelsel is ewe belangrik.

Die ontleding van die persoon-omgewing-interaksies wat by wiskundeonderrig betrokke is, wat in 4.2.5 onderneem is, is voldoende vir die doeleindes van hierdie ondersoek. Dieselfde geld ten opsigte van die ontleding van die onderwyser en leerders se ingesteldhelde wat in 4.2.4 onderneem is. Daarom is die fokus in hierdie gedeelte hoofsaaklik op 'n beskrywing van die eksostelsels wat by wiskunde-onderrig betrokke is, en die wesenlike bydrae daarvan tot die doeltreffendheid van die betrokke onderrig. Die holistiese verband met die voormelde twee oorwegings sal egter, waar van toepassing, aandag kry.

4.2.6.2 Omgewingskontekste betrokke by wiskundeonderwys

Die wiskundeonderrig kan nie van die omgewingskontekste waarbinne dit plaasvind, losgemaak word nie. Die wiskundeklaskamer is 'n spesifieke en gekompliseerde mikro-kosmos-leerwêreld (kyk 2.2.3.3), dit wil sê 'n mikro-ekostelsel waarbinne leerders geleentheid kry om hulle vir die wiskunde-verwante behoeftes en eise van die breë makro-kosmos-leefwêreld of makro-eksostelsel voor te berei (Van Dyk in Fowler *et al.*, 1990:155-156; Zabel & Zabel, 1996:27). Dit impliseer die betrokken-heid van verskillende omgewingskontekste of ekostelsels by wiskundeonderwys, asook 'n bepaalde holistiese verband daartussen (kyk Figuur 4.2).

Enkele praktiese voorbeelde of situasies behoort die vervlegtheid en wisselwerking tussen hierdie kontekste te illustreer:

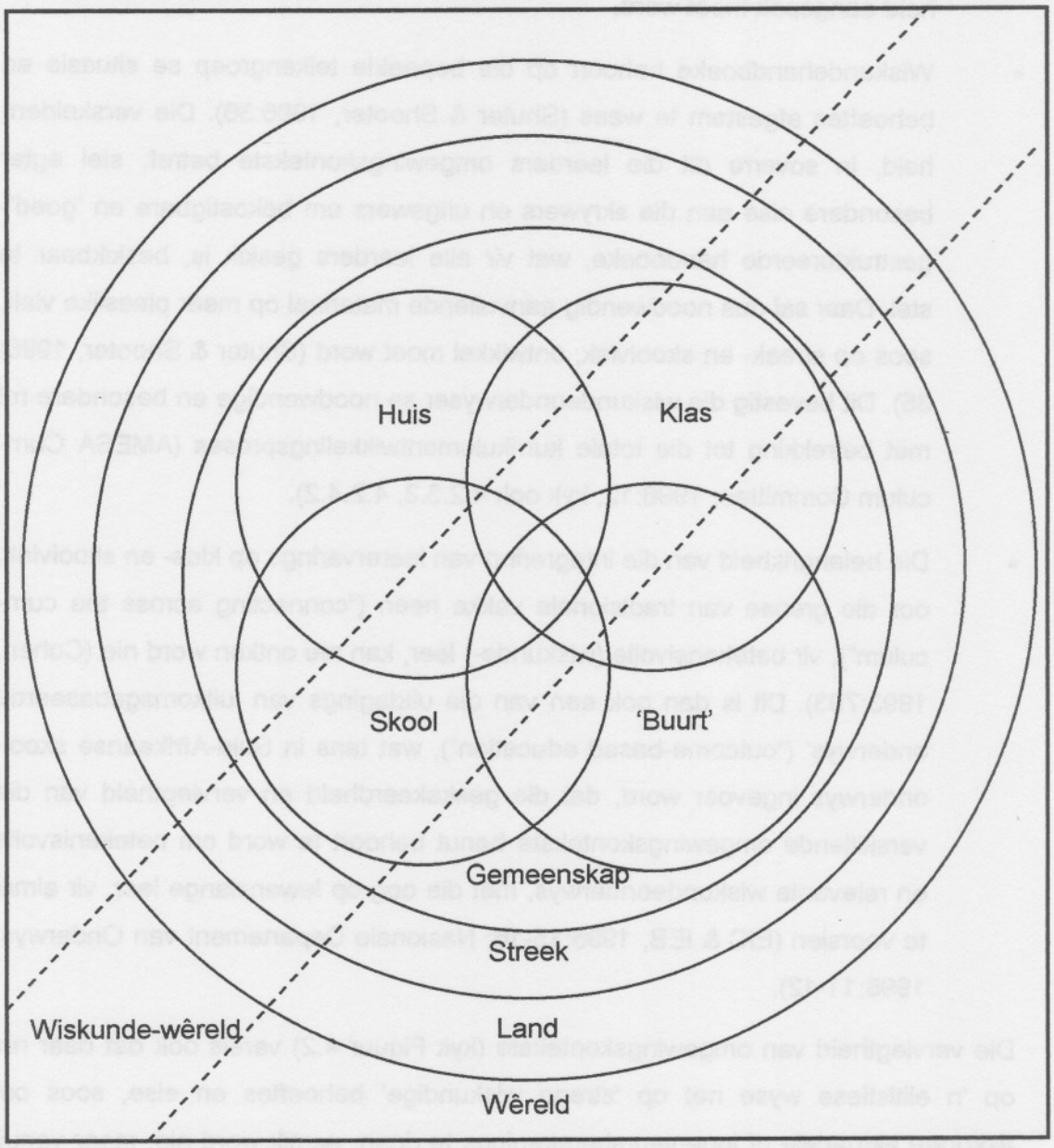
- Cobb en Yackel (1994) toon hoe 'n onderwyser "pizzas" as realistiese eksemplaar kan gebruik om die onderrig van breuke te kontekstualiseer, soos met die "Pizza Restaurant"-werkkaart in 3.4.3.4. Leerders uit 'n gemeenskap, buurt of gesin waarin "pizzas" glad nie of selde gesien of gebruik word, mag egter nie in staat wees om hieruit enige leervoordeel te behaal nie; trouens, die 'vreemdheid' mag die reeds moeilike leerinhoud vir hulle verder en onnodig kompliseer. In hulle geval behoort die onderwyser na meer paslike eksemplare te soek.
- Sakrekenaars en rekenaars word algemeen aanvaar as integrale deel van die wiskundewêreld, maar sommige wiskundeleerders mag uit 'n gemeen-skap of 'n buurt kom waarin hulle nie hieraan blootgestel is nie. Gevolglik kan hulle 'n wiskundeklas waarin die gebruik van hierdie middele vereis of

verkies word, as lewensvreemd of bedreigend ervaar, sodat die invoering van die tegnologiese middele in hulle geval met empatie en groot omsigtigheid aangepak moet word.

- Wiskundehandboeke behoort op die bepaalde teikengroep se situasie en behoeftes afgestem te wees (Shuter & Shooter, 1996:36). Die verskeidenheid, in soverre dit die leerders omgewingskontekste betref, stel egter besondere eise aan die skrywers en uitgewers om bekostigbare en 'goed'-gestruktureerde handboeke, wat vir alle leerders geskik is, beskikbaar te stel. Daar sal dus noodwendig aanvullende materiaal op meer plaaslike vlak, soos op streek- en skoolvlak, ontwikkel moet word (Shuter & Shooter, 1996: 35). Dit bevestig die wiskundeonderwyser se noodwendige en besondere rol met betrekking tot die totale kurrikulumontwikkelingsproses (AMESA Curriculum Committee, 1996:12; kyk ook 4.2.3.3, 4.2.4.2).
- Die belangrikheid van die integrering van leerervarings op klas- en skoolvlak, oor die grense van tradisionele vakke heen ("connecting across the curriculum"), vir betekensivolle (wiskunde-) leer, kan nie ontken word nie (Cohen, 1993:793). Dit is dan ook een van die uitdagings van 'uitkomsgebaseerde onderwys' ("outcome-based education"), wat tans in Suid-Afrikaanse skoolonderwys ingevoer word, dat die geskakeerdheid en vervlegtheid van die verskillende omgewingskontekste benut behoort te word om betekenisvolle en relevante wiskundeonderwys, met die oog op lewenslange leer, vir almal te voorsien (EIC & IEB, 1996:15-16; Nasionale Departement van Onderwys, 1996:11-12).

Die vervlegtheid van omgewingskontekste (kyk Figuur 4.2) vereis ook dat daar nie op 'n elitistiese wyse net op 'streng wiskundige' behoeftes en eise, soos om akkurate aktuariële of ingenieursberekenings te doen, gemik word nie, maar vanuit 'n holistiese perspektief ook op algemene lewensbehoeftes en -eise ten opsigte waarvan wiskundige kennis, vaardigheid en ingesteldheid noodsaaklik is, soos funksionele geletterdheid of gesyferdheid en ruimtelike oriëntasie en insig (kyk 4.2.2.3 en Nasionale Departement van Onderwys, 1996:11). Wiskundeonderwys moet dus nie as eksklusief in diens van die wiskunde-substelsel beskou word nie, maar van die totale fisiese en sosiale makro-ekostelsel waarin alle mense leer, werk en leef. Wiskundeonderrig behoort nie net op die akademiese wiskunde-dissipline en -toepassingsvelde gerig te wees nie, maar ook op totale lewenstoerusting van die leerders, sover dit wiskundige kennis, vaardigheid en ingesteldheid betref.

Figuur 4.2 : Omgewingskontekste of ekostelsels betrokke by wiskundeonderwys op skool (na Zabel & Zabel, 1996:27)



4.2.6.3 Die onderrig-leerkonteks

Die doel van wiskundeonderrig is om betekenisvolle leer van wiskunde met begrip moontlik te maak (kyk 2.4.2 en 4.2.2). Daarby is aangetoon dat onderrig noodwendig in een of ander konteks plaasvind (kyk 2.4.3.7). Die doeltreffendheid van wiskundeonderrig hang dus wesenlik van die skep en instandhouding van 'n relevante en geskikte onderrigkonteks af. In navolging van Shuell (1990) en Orton en Frobischer (1996:22-23) word hier gestel dat die oplos van realistiese en relevante wiskundige probleme hiertoe geskik is (kyk ook 4.2.4.3). Daar word dus hier by die

pleidooie van die voorstanders van prosesgerigte benaderings tot wiskundeonderrig ten gunste van outentieke probleemoplossing as 'n onderrigkonteks vir skoolwiskunde aangesluit (kyk 3.4.3; vergelyk ook Smith, 1997; Hiebert *et al.*, 1996, 1997).

Orton en Frobischer (1996:23) bevind dat navorsing tot nog toe nie bo alle twyfel kon bevestig dat probleemoplossing in die wiskundeklas wel leerders se vermoë tot probleemoplossing in ander kennisterreine of skoolverlaters se vermoë om probleme op die werkvloer in die handel en nywerheid verbeter nie. In hulle woorde: "We must be prepared to challenge any assumption that mathematics problem solving is transferable beyond the boundaries of mathematics." Die keuse en gebruik van probleemoplossing as onderrig- en leerkonteks behoort dus met groot omsigtigheid te geskied. Wiskundeonderwysers moet gevolglik nie in absolute of eksklusiewe terme aan probleemoplossing as onderrigkonteks vir skoolwiskunde te dink nie, maar behoort ander kontekste ook te oorweeg en gebruik. Die klem moet egter op leerdergesentreerde en leerbemoontlikende wiskundeonderrig bly. Hierin kan wiskundige probleemoplossing 'n kardinale rol speel; in die woorde van Orton en Frobischer (1996:23):

> "A study of problems in mathematics may make a significant contribution to the development of the whole child equal to that of other subject areas that make the same claim. Despite the lack of evidence about the value of problems most teachers and educators remain convinced by their experience in the classroom that solving problems merits inclusion in the mathematics curriculum."

Een alternatiewe konteks wat oorweging verdien, is wat die 'onderwyser'-konteks genoem kan word, met ander woorde 'n 'soos die onderwyser dit doen'-konteks. Die onderwyser kan op grond van sy of haar besondere kennis en vaardigheid 'n bepaalde wiskundige beginsel of prosedure, wat andersins moeilik of glad nie deur die leerders self ontdek of bedink sal kan word nie, op sodanige begeleidende wyse demonstreer of aflei dat leerders dit tog betekenisvol en relevant mag vind. Per slot van rekening bestaan daar bepaalde 'wiskundige instrumente' wat deur intensiewe menslike wiskundearbeid vir bepaalde doeleindes ontwikkel is en wat vandag beskikbaar is om in probleemsituasies te gebruik. Die onderwyser kan ook 'hard-op' dink terwyl hy of sy wiskunde 'voordoen'. Die werk van Shuell (1988,1989,1990) toon egter dat die leerder 'n bepaalde vlak van leergereedheid en -rypheid moet besit om by sodanige onderwyser-konteks te kan baatvind. Hiervolgens bly jong en

onrype wiskundeleerders steeds tydens begripvorming (konseptualisering) en -ontwikkeling op outentieke uitvoering van die wiskundeleerfunksies en probleemoplossing aangewese. Die benutting van die onderwyser-konteks is dus 'n funksie van die leerders se mate van leergereedheid of –rypheid, wat op grond van vorige onderrig en leer verwerf is, soos die Van Hiele-vlakketeorie dan ook in wese beweer (kyk 3.4.3.6; asook Van Hiele, 1986; Teppo, 1991). In ooreenstemming met Sutherland (1989:105) is die argument hier dat die onderwyser-konteks naas 'konstruktivistiese' probleemoplossing kan bydra tot doeltreffende wiskundeonderrig op skool - nie op 'n voorskriftelike wyse nie, maar wel op 'n empatieke begeleidende en interaktiewe wyse.

Uit die bespreking van die leerfunksies in die wiskundeklas (kyk 4.2.4.3) blyk dat die wiskundeonderwyser 'n besliste en betekenisvolle bydrae met betrekking tot die *inisiëring* daarvan kan lewer. Daarmee word nie gesuggereer dat 'n voorskriftelike 'onderrig-dwang'-konteks ("teaching by imposition") of 'n 'geleide ontdekking'-konteks gebruik kan word nie, want dit berus wesenlik op 'n produkgerigte benadering tot wiskundeonderrig, wat reeds by herhaling ten sterkste afgewys is (kyk 2.2.2, 3.3.2.1 en 3.4.2). Die wiskundeonderwyser moet dus empatiek op die *inisiëring* van die wiskundeleerfunksies ingestel wees, maar moet hom of haar beslis daarvan weerhou om voor te skryf *hoe* dit uitgevoer moet word.

'n Verdere betekenisvolle en betekenisgewende konteks is die vak- of matematisering-konteks (kyk 3.4.3.6). Wanneer leerders deur blote manipulasie van getalle en bewerkings van die eienskappe van Fibonaccigetalle bewus word, werk hulle nie in 'n realistiese konteks nie, maar in 'n 'suiwer' wiskunde- of gematematiseerde konteks (kyk 3.4.3.6). Dit hoef hulle egter nie daarvan te weerhou om die aktiwiteite aangenaam, leersaam, interessant of betekenisvol te vind nie. Trouens, hulle mag juis op grond hiervan bepaalde getalpatrone 'sien' wat tot groter getalbegrip en vertikale matematisering mag bydra. Van sekondêreskoolwiskundeleerders kan verwag word om 'algebraïese vermenigvuldiging' in te oefen, soos om magte van die tweeterm "ax + b" te ontwikkel. Terwyl hulle dit doen, werk hulle eweneens nie in 'n realistiese konteks nie, maar in 'n gematematiseerde een; tog mag hulle daardeur tot ontdekking en begrip van die binomiaaleienskap kom. Leerders sou voormelde verskynsels ook deur praktiese ondersoek van byvoorbeeld die rangskikkings van sonneblompitte, die aanteelpatrone van konyne of 'argitektoniese verhoudings' kon waarneem, maar of dit werklik tot groter bewustheid of begrip van die onderliggende wiskundebeginsel sal bydra, is onseker. Soortgelyk sou leerders in 'n vertikaal-

gematematiseerde 'dinamiese meetkunde'-konteks die stelling van Pythagoras op 'n betekenisvolle wyse kon ontdek, eksploreer en leer (Bennett, 1995; De Villiers, 1996:69-75). In kort, die formele vakinhoud self bied in bepaalde omstandighede 'n toereikende konteks waarbinne skoolwiskunde doeltreffend onderrig en geleer kan en behoort te word.

In die ontwikkeling van wiskundekennis, -vaardighede en ingesteldhede is bepaalde hiërargieë ter sprake. Die vordering deur die Van Hielevlakke aan die hand van 'n reeks onderrig- en leerfases, is 'n sprekende voorbeeld hiervan (kyk 4.2.3.3). Soortgelyk is daar sprake van 'n bepaalde 'progressielyn' wat tydens konseptualisering gehoorsaam moet word: begrip en insig van sekere konsepte gaan die ontwikkeling van ander vooraf (kyk 4.2.3.3 en 4.2.4.3). Hierdie hiërargiese of opbouende aard van die wiskundeleerhandeling impliseer dat die leerders telkens sekere bemeesteringsvlakke moet bereik alvorens hulle suksesvol met volgende of nuwe leer kan voortgaan. Dit impliseer dan dat daar 'n bepaalde bemeesteringskonteks by wiskundeonderrig betrokke is. Hierdie bemeesteringskonteks berus egter nie op 'n behavioristiese 'afrig-dril-en-oefen'-grondslag nie, maar daarop dat onderrig die bereiking van spesifieke ontwikkelingsvlakke en die handhawing van die integriteit van gepaardgaande progressielyne moet moontlik maak.

Freudenthal (1993) het wiskunde as 'n *menslike handeling* getipeer (kyk 3.4.3.6) en op grond hiervan het die 'realistiese beskouing' dat wiskunde geleer word deur dit doelgerig te doen, ontstaan (kyk ook 3.2.2.2). Wiskundeonderrig moet dus noodwendig in 'n doelgeoriënteerde 'konstruktiewe handeling'-konteks plaasvind (kyk 4.2.5.4). In navolging van Dewey stel Hiebert *et al.* (1996:12) en Prawat (1997:19) dan ook tereg dat 'wiskunde-leer' en 'wiskunde-doen' nie op skool geskei kan of moet word nie (vergelyk ook Hiebert *et al.*, 1997:24-25). In die lig van die doelgeoriënteerdheid van onderrig en leer, impliseer hierdie 'leer = doen'-dimensie van skoolwiskunde dat die konstruktiewe handelinge in die wiskundeonderrig-leersituasie gereeld, geïntegreerd en doeltreffend geëvalueer moet word. Die doelgerigte 'doen'-konteks impliseer dus tegelyk ook dat wiskundeonderrig binne 'n doelgerigte en integrale 'rekenskap-gee'- of 'verantwoording-doen'-konteks behoort plaas te vind.

Ten slotte, in die lig van die verweefdheid van die spektrum van omgewingskontekste wat by wiskundeonderrig betrokke is (kyk 4.2.6.2), moet gestel word dat wiskundeonderrig in 'n holistiese konteks behoort plaas te vind. Hiervolgens moet die wiskundeonderwyser voortdurend daarna streef om die vorming van begrip en

insig van inter- en intrakontekstuele verbande, asook die ontwikkeling daarvan te bevorder. Dit hou onder meer in dat daar doelgerig na verbindingsgeleenthede oor die kurrikulum heen gesoek word en dat sodanige verbande ten volle benut word om vir die leerders doeltreffende leergeleenthede in 'n relevante en betekenisvolle konteks te skep.

4.2.6.4 Die wiskundeklaskamer as onderrig-leeromgewing en werkplek

Die onderrig van skoolwiskunde geskied binne 'n bepaalde situasie op 'n bepaalde plek. Normaalweg is die wiskundeklaskamer hierdie plek, maar die onderrig kan ook daarbuite plaasvind, soos in die geval van praktiese werk wat op die skoolterrein of in een of ander realistiese wiskunde-werkplek uitgevoer word. Die *lokaliteit* van die 'plek' as sodanig maak nie daarvan 'n onderrig-leeromgewing nie. Leerders kan byvoorbeeld ook op die skoolterrein of in die 'wiskunde-werkplek' speel, in welke geval wiskunde nie onderrig of geleer word nie. Lokaliteit as sodanig diskwalifiseer egter ook nie 'n bepaalde plek as 'n onderrig-leeromgewing nie: afhangende van omstandighede kan wiskunde op feitlik enige plek gedoen word en dus ook daar onderrig en geleer word. Wiskunde kan byvoorbeeld in 'n gemaklike klaskamer onderrig en geleer word, maar ook in die donker op die dak van 'n gebou aan die hand van sterrekundige entiteite, of langs 'n besige kruising aan die hand van wiskundige modelle van verkeerspatrone, of selfs onder 'n boom. In kort, lokaliteit as sodanig hoef nie in die weg van doeltreffende wiskundeonderrig te staan nie.

Dit is eerder die kondisies wat in 'n plek heers, wat daarvan 'n wiskunde-werkplek en -onderrig-leeromgewing kan maak of nie. In die lig van die beredeneringe in hierdie werk word naamlik gestel dat 'n doeltreffende wiskunde-werkplek en -onderrig-leeromgewing gekenmerk word deur bepaalde doelgerigde en konstruktiewe handelinge, wat met inagneming van sekere faktore, aan die hand van spesifieke situasies en inhoude, en moontlik met behulp van toepaslike toerusting, in 'n geskikte klimaat uitgevoer word (kyk by 4.2.2.4, 4.2.3.4, 4.2.4.4, 4.2.5.6, 4.2.6.2 en 4.2.6.3). Vanuit 'n holistiese perspektief kan die werk- en onderrig-leerplek nie van die 'werk' wat gedoen (moet) word, die kondisies waarbinne dit gedoen moet word of die persone wat dit moet doen, geskei word nie. Hiervolgens sal die wyse waarop die 'plek' ingerig en benut word, die uitkoms van die 'werk' bepalend beïnvloed.

Die *fisiese* eienskappe van die klaskamer dra in 'n besondere mate tot die doeltreffendheid, al dan nie, van die klaskamer as onderrig-leer- en werkplek by. Gunter

et al. (1995:352), sowel as Zabel en Zabel (1996:23) wys byvoorbeeld tereg daarop dat beligting, belugting, temperatuur en beskikbare ruimte per leerling die doeltreffende verloop van onderrig en leer in klaskamers bepalend kan beïnvloed. Die invloed van die fisiese omgewing strek egter verder as genoemde fisiese klimaat- of omgewingsfaktore, soos 'n vergelyking van die volgende beskrywings van twee hipotetiese, dog nie onrealistiese wiskundeklaskamers toon (vergelyk Gunter *et al.*, 1995:351-353; Zabel & Zabel, 1996:23-24):

- *Wiskundeklas 1.* Die klas is skoon en netjies. Teen die agtermuur is 'n aantal gedrukte plakkate waarop wiskundige vorme, wat in natuurlike en mensgemaakte strukture voorkom, uitgebeeld word, asook fotos van bekende wiskundiges. Daar is ook verskeie self-gemaakte plakkate met sleutelterme en definisies daarvan op. Die tafeltjies en stoele staan in vyf netjiese enkelrye van agt, met die onderwyser se lessenaar en stoel voor in die hoek teenoor die deur. Oor die lessenaar is 'n netjiese kleed en in 'n rondebolfles op die blad is 'n vars blom. Agter die lessenaar is 'n boekrak waarin handboeke, vaklêers en skrifte netjies weggepak is. By die deur is 'n toesluitkas en 'n aansteekbord waarop die onderwyser se klasrooster en elke standerd se werkprogram netjies en duidelik aangebring is. In die middel voor staan 'n truprojektor op 'n staander, regoor die skerm wat bokant die skryfbord hang. Op die oog af lyk dit nie of daar manipuleerbare apparaat of instrumente in die klas is nie, maar dit mag in die kas toegesluit wees.
- *Wiskundeklas 2.* Teen die vier mure is verskeie tekeninge, diagramme, modelle en plakkate wat deur leerlinge gemaak is, almal is egter nie ewe netjies en goed afgerond nie; daar is ook 'n paar wat deur die onderwyser gemaak is en enkele gedrukte plakkate en fotos van wiskundiges. Die tafeltjies is in tien groepe van vier gerangskik met die stoele aan weerskante; die bankgroepe staan in verskillende oriëntasies oor feitlik die hele vloer versprei en by elkeen lê 'n hopie losbladpapier. Agter in een hoek staan die onderwyser se lessenaar, met 'n trollie vol handboeke, vaklêers en naslaanwerke digby. In die ander hoek is 'n 'Kyk hier!'-hoek waar van die leerlinge se werk, interessante wiskundige toepassings en 'n 'probleem-vir-die-dag' uitgestal word. In en bo-op 'n kas in die voorste hoek teenoor die deur is verskillende tipes manipuleerbare apparaat sigbaar. Teen die toesluitkas by die deur is kontrolelyste van wiskundeinstrumente en –apparate, wat in die kas gebêre word; groepleiers teken hierop aan watter en hoeveel passers,

boustelle, sakrekenaars en dies meer hulle neem en die onderwyser se paraaf kom telkens in die 'terug'-kolom voor. Die onderwyser se klasrooster, asook elke klasgroep se werkprogram is op die aansteekbord langs die toesluitkas. In die klas is ook 'n skryfbord, 'n blaaibord en 'n truprojektor op 'n staander. Die vier hoofwindrigtings is duidelik op die ooreenstemmende mure gemerk en op die vloer is 'n reuse kompas geverf, dit word egter plek-plek deur 'n aantal los matjies met verskillende weef- of dekpatrone daarop, bedek.

Die eerste klaskamer kom relatief koud, klinies en op onderwyserbeheer gemik voor en kommunikeer 'n afstand wat tussen die onderwyser en die leerlinge gehandhaaf word. Daarenteen kom die tweede klaskamer warmer, interessanter en op leerling-deelname gemik voor, terwyl dit eerder 'n uitnodiging tot werk en leer kommunikeer. Die fisiese eienskappe van 'n wiskundeklaskamer impliseer dus 'n bepaalde psigologiese karakter daarvan, wat sowel die onderwyser as die leerlinge se handelinge daarbinne direk beïnvloed (Zabel & Zabel, 1996:24). Byvoorbeeld, die voormelde twee klaskamers kan wesenlik verskillende leerderverwagtinge skep ten opsigte van dit wat en hoe gedoen en geleer (moet) word, wat dan ook wesenlik verskillende uitkomste met betrekking tot doeltreffende en betekenisvolle leer tot gevolg kan hê (kyk 4.2.4.3). Daarby kan leerlinge klaskamer 2, in terme van die wiskunde-wêreld, as 'n meer relevante en ondersteunende onderrig-leeromgewing as klaskamer 1 ervaar, wat 'n wesenlike verskil aan die moontlike impak op die klaswerk, en dus ook onderrig-leeruitkomste tot gevolg mag hê (kyk 4.2.6.3 en 4.2.6.4). Die gebruik van sakrekenaars, soos in die geval van klaskamer 2, kan hiertoe bydra (Branca, Breedlove & King, 1992; Hembree & Dessart, 1992). In ooreenstemming met Embse (1992), toon Nieuwoudt en Nieuwoudt (1996:13-15) verder aan dat veral grafiese sakrekenaars kragtige moontlikhede tot die skep van 'n ryk en relevante konteks vir realistiese probleemoplossing en ondersoeke tydens die onderrig en leer van skoolwiskunde bied (vergelyk ook Crisler & Froelich, 1992).

Die fisiese eienskappe en die gepaardgaande psigologiese karakter van die klaskamer is inderdaad belangrik vir doeltreffende wiskundeonderrig- en –leerhandelinge. Zabel en Zabel (1996:25) stel tereg dat die fisiese trekke verdere essensiële klaskamertrekke reflekteer en beïnvloed, naamlik *sosiale* en *affektiewe* eienskappe. Die wiskundeklaskamer as onderrig-leeromgewing en werkplek is dus nie 'n blote fisiese en psigologiese ruimte waarin bepaalde wiskunde- en -onderrig-leerarbeid

verrig word nie, maar die 'arbeiders' is na hulle volle menslike wese betrokke in die werkplek en by die arbeid wat verrig word.

Wat die sosiale trekke van die wiskundeklaskamer betref, is daar reeds in die bespreking van die aard van die sosiale interaksie na die totstandkoming van 'sosio-wiskundige norme' verwys (kyk 4.2.5.3). Feiman-Nemser en Floden (1986:506) bevind dat daar in elke klaskamer mettertyd 'n bepaalde 'kultuur' tot stand kom wat onder meer op "norms for action" berus. Nickson (1992:102) tipeer die kultuur in wiskundeklasse dan ook tereg as:

> "... the invisible and apparently shared meanings that teachers and pupils bring to the mathematics classroom and that *govern their interactions* in it." [Klem deur HDN.]

Daar kan dus met sosio-kulturalistiese wiskundeonderwysnavorsing (kyk 3.4.3.3) saamgestem word dat sosiale interaksie tussen die persone in die wiskunde-onderrig-leersituasie wesenlik genormeerde menslike handeling is (Cobb, 1994b:14; Cobb & Yackel, 1994). In navolging van Cobb en Yackel (1994) kom Nieuwoudt en Baxter (1996:183) dan ook tot die slotsom dat:

> "this 'governing of interactions' in mathematics classes actually leads to certain regularities in interaction patterns or 'social norms' which are realised through expectations and obligations."

In 'n tipiese probleemgesentreerde wiskundeklas (kyk 3.4.3.4) hou die bestaan van 'sosiale norme' byvoorbeeld in dat van die leerlinge verwag word om:

- hulle eie oplossings vir probleme te ontwikkel;
- hulle oplosmetodes aan mekaar te verduidelik;
- na ander se verduidelikings te luister en dit te probeer verstaan;
- vrae te vra en uitdagings te rig wanneer hulle ander se verduidelikings nie verstaan nie of nie daarmee saamstem nie;
- volhardend aan uitdagende probleemoplossing deel te neem;
- voorkeur te gee aan betekenisvolle aktiwiteit, eerder as aan die gee van korrekte antwoorde;
- voorkeur te gee aan volharding in die uitvoer van uitdagende take, eerder as die afhandeling van 'n groot aantal take (Cobb & Yackel, 1994).

Cobb en Yackel (1994) toon verder aan dat die 'sosiale norme' tot 'n spesifieke normering van die leerders se wiskundehandelinge. Sodoende ontstaan 'wiskunde-

norme' deur sosiale interaksie in elke wiskundeklaskamer, wat volgens Cobb en Yackel (1994) onder meer 'normatiewe begrip' van die volgende insluit:

- Wat geld ('tel') as 'n *ander (verskillende)* oplossing?
- Wat geld as 'n *gesofistikeerde* oplossing?
- Wat geld as *doeltreffende* oplossing?
- Wat geld as 'n aanvaarbare verduideliking en regverdiging?

Wat die sosiale karakter van doeltreffende wiskundeklasse betref, word volstaan met Nieuwoudt en Baxter (1996:184) se slotsom dat

> "[In such a mathematics] classroom a culture of purposeful and constructive action, collaboration and co-operation in a problem-solving context is likely to result, rather than the one of 'prescriptive knowledge transmission' found in traditional mathematics class-rooms. Clearly, the former could promote a vital climate encouraging learners to learn and think about their learning, while the latter leads to a stale climate in which learners are driven towards right answers along prescribed and routinised ways.'

Vanweë die noodwendige verbondenheid van die mens se kennis, ingesteldhede en optredes is die affektiewe trekke van die wiskundeklaskamer as onderrig-leer-omgewing en werkplek baie nou verweef met die fisiese, psigologiese en sosiale trekke daarvan. Dit kan byvoorbeeld nie betwyfel word nie dat 'n aangename en ondersteunende fisiese en psigologiese onderrig-leeromgewing, 'n positiewe ervaring van die relevansie en betekenisvolheid van dit wat gedoen en geleer word, asook 'n hoë mate van samewerking en onderlinge ondersteuning tot 'n verant-woordelike waaghouding en hoë vlakke van self-doeltreffendheid en motivering kan bydra. Omgekeerd, kan die belewing van wiskundeangs en gevoelens van wiskundevermyding feitlik enige onderrig-leeromgewing en werkplek wat fisies, psigologies en sosiaal 'in orde' is, vir leerlinge bedreigend en ondoeltreffend maak (vergelyk Stodolsky, 1985; Skiba, 1990). Daar moet dus doelgerig en bepland daarna gestreef word om doeltreffende 'affeksie' in die wiskundeklaskamer as onderrig-leeromgewing en werkplek te bewerkstellig. Dit kan op tweërlei wyse gedoen word, naamlik:

- *direk* deur alle attribute van affek, soos motivering, self-doeltreffendheid, selfbeeld, deelname en relevansie, tydens die beplanning en inrigting van die klaskameromgewing te verreken;

- *indirek* deur al die samehangende omgewings- of kontekstuele trekke van die wiskundeklaskamer op 'n gebalanseerde geïntegreerde wyse tydens die beplanning en inrigting daarvan te verreken.

Die wiskundeklaskamer as 'n onderrig-leeromgewing en werkplek is inderdaad 'n komplekse struktuur. Dit is nie bloot 'n fisiese omgewing of dop waarbinne wiskundeonderrig- en -leerhandelinge plaasvind nie, maar 'n verweefde struktuur met duidelike fisiese, psigologiese, sosiale en affektiewe trekke. As sodanig is dit geïntergreerd deel van die konteks waarbinne die 'groter' struktuur van doeltreffende skoolwiskundeonderrig en -leer plaasvind. 'n Wiskundeklaskamer kan dus funksioneel tot die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde bydra.

4.2.6.5 Sintese

Die wiskundeklaskamer is die plek waar geselekteerde wiskunde-inhoude doeltreffend onderrig en geleer moet word ten einde bepaalde doelstellings of uitkomste te verwesenlik. Ten eerste is dit dus 'n spesifieke leerwêreld en -omgewing. Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief behoort hierdie leerwêreld egter nie buite die holistiese verband daarvan met werklike leefwêreld daarbuite, die wiskundewêreld in die besonder, beskou en benader te word nie. Die wiskundeklaskamer is dus ten tweede ook 'n mikro-kosmos waarbinne leerders skoolwiskunde en bepaalde wiskundige handelinge in 'n realistiese verband behoort te ontmoet. Dit spreek vanself dat die klaskamer sodanig ingerig behoort te wees dat leerlinge nie alleen intra-dissiplinêre wiskundeverbande kan ontdek, verstaan en gebruik nie, maar ook inter-dissiplinêre verbande tussen wiskunde en ander vakgebiede op verskillende lewensterreine.Leerlinge behoort ook bepaalde vaardighede en gesindhede wat die verstaan en gebruik van wiskunde kan bevorder, daarbinne te kan ontwikkel, verbeter en nuttig gebruik. In kort, die doeltreffende wiskundeklaskamer is tegelyk 'n veilige en ryk wiskunde-oefenveld en 'n ernstige wiskunde-leefwêreld en -werkplek.

4.3 DOELTREFFENDE WISKUNDEONDERRIG OP SKOOL: 'N SINOPSIS

In hoofstuk 2 is 'n onderrigsituasie met 'n ekostelsel vergelyk (kyk 2.4.1) en in hierdie hoofstuk is die ekologiemetafoor in die besonder ten opsigte van doeltreffende wiskundeonderrig op skool verder ontwikkel. Hiervolgens word wiskundeonderrig gekenmerk deur 'elemente' of wesenstrekke, wat gelyktydig en samehangend teenwoordig is en tot die bereiking van 'n bepaalde doel bydra. Wiskundeonderrig vind naamlik plaas wanneer 'n wiskunde- en pedagogies-kundige

en -vaardige onderwyser intensioneel en begeleidend binne 'n bepaalde konteks met 'n leerder(s) in interaksie tree ten einde die leerder in staat te stel om 'n spesifieke leerdoel aan die hand van sekere wiskunde-inhoud te verwesenlik (kyk Figuur 2.3 en Figuur 2.4). Die doel van wiskundeonderrig is nie om wiskundekennis, -vaardighede en ingesteldhede 'oor te dra' nie, maar om dit vir leerders moontlik te maak om bepaalde kennis, vaardighede en ingesteldhede te verwerf. Wiskunde-onderrig is doeltreffend na die mate waarin dit die leerder in staat stel om die doel te kan bereik, dit wil sê na die mate waarin die onderrig dit vir die leerder moontlik maak om dit wat gedoen en geleer moet word wel te kan doen en leer.

Wiskunde is tegelyk 'n tipiese menslike handeling én die produk van menslike handeling - dit is dus 'proses', sowel as die besondere produkte van die 'proses'. Wiskunde kan ook nooit van die totale menslike omgewing waarin dit totstand gebring word en is, losgemaak word nie. Skoolwiskunde behoort daarom nie as 'n statiese, rigiede en neutrale stel feite, bewerkings, reëls, prosedures en absolute waarhede beskou en benader te word nie, maar eerder as dinamiese menslike handeling en 'n steeds groeiende gekontekstualiseerde liggaam van kennis, vaardighede, ingesteldhede en waardes. Hiertoe is kritiese en betekenisgewende denke en handelinge, asook kreatiewe probleemoplossing in bepaalde relevante kontekste nie alleen funksioneel en instrumenteel nie, maar essensieel. Dit impliseer dat wiskunde-leer dan ten nouste met wiskunde-doen verband hou; trouens, in die onderrig-leersituasie kan die twee handelinge nie geskei word nie.

Die inhoud wat in wiskundeonderrig op skool ter sprake is, sluit proses-, sowel as produkelemente in. Leerlinge moet dus nie alleen wiskundige feite, begrippe, bewerkings en standaardprosedures aanleer en gebruik nie, maar ook kenmerkende wiskundige denkwyses en wiskundehandelinge. Voorgaande tipering van wiskunde as menslike handeling toon dat leerlinge veral die 'wiskundeproses' betekenisvol en met begrip moet leer en gebruik. Dit is egter nie moontlik sonder die leer en gebruik van essensiële produkelemente nie: konseptuele en prosesmatige leer van skoolwiskunde verloop noodwendig aan die hand van die gebruik van bepaalde produkelemente (voorkennis). Dit dui daarop dat die 'produk'-inhoude instrumenteel tot die leer van die 'proses'-inhoude behoort by te dra.

Alle onderrig en leer vind doelgeoriënteerd plaas. Wiskundeonderrig is nie primêr op 'kennisoordrag' gerig nie, maar op die bemoontliking tot kennisverwerwing. Geselekteerde wiskundeinhoude moet dus instrumenteel tot doelbereiking bydra, en nie as doel op sigself dien nie. Ten einde doeltreffend te wees, moet wiskundeleerinhoude

noukeurig geselekteer en georden word. Hiertoe moet aan spesifieke seleksie-kriteria en ordeningsbeginsels voldoen word. Die inhoude moet geskik wees vir die besondere leerders om die spesifieke doelwitte, asook uiteindelike doelstellings of uitkomste te kan bereik. Dit moet dus by die leerders se vlak van ontwikkeling, voorkennis en ervaring aansluit en betekenisvolle vordering na volgende hoër of omvattender vlakke van ontwikkeling en leer moontlik maak. Hiertoe moet die leer-inhoude geldig, gebalanseerd, relevant, interessant en betekenisvol wees. Aan-gesien dit nie moontlik is om die totale 'ensiklopedie van wiskunde' te leer of te onderrig nie, moet die inhoude tot sodanige mate verteenwoordigend van die dissipline wees dat dit leerlinge se optimale voortgesette wiskundige ontwikkeling en leer kan bemoontlik (bemiddel).

Die wiskundeonderwyser is nie primêr daarop ingestel om toe te sien dat die leerling 'die regte oplossing' vir 'n gegewe probleem gee nie, maar eerder om die leerder in staat te stel om geskikte oplossings te kan vind. Eweneens is dit nie sy of haar primêre mikpunt om toe te sien dat die leerling 'n bepaalde geleerde konsep 'korrek weergee' nie, maar om die leerder in staat te stel om die konsep vir hom of haar toe te eien en betekenis daaraan te gee sodat dit verstaan en gebruik kan word in die oplos van probleemsituasies of in die betekenisgewing aan verdere konsepte. Die wiskundeonderwyser tree dus primêr inisiërend, ondersteunend, begeleidend en bemiddelend op, eerder as voorskriftelik, manipulerend, gebiedend en keurend. Om in sy of haar doel te slaag, maak die wiskundeondewyser dan ook nie op slegs een metode of strategie staat nie, maar gebruik eerder 'n verskeidenheid van strategieë en metodes in 'n doelgerigte poging om dit vir elke leerlinge moontlik te maak om die doel so goed as moontlik te kan bereik. Dit impliseer dat die wiskundeonder-wyser onderrig-leergeleenthede sorgvuldig aan die hand van beginsels en kriteria moet selekteer, beplan, organiseer en implementeer. Wesenlik is hierdie beginsels en kriteria soortgelyk aan en aansluitend by dié wat op die seleksie en ordening van inhoud van toepassing is.

Verder blyk dat die onderwyser in 'n onderhandelingsverband met die leerling in gesprek sal tree, eerder as 'n voorskrywende. Dit dui noodwendig op die bestaan en die totstandkoming van sekere waardes en norme rakende die interpersoonlike interaksies en handelinge met die leerinhoud in die onderrig-leersituasie. Dit impli-seer dat verantwoordelike en begronde besluitneming 'n kerntaak van die wiskunde-onderwyser is wat die aard, verloop en doeltreffendheid van die onderrig-leer-gebeure bepalend beïnvloed. Hiertoe is die wiskundeonderwyser aangewese op 'n

geïntegeerde en steeds groeiende liggaam van dissipline- en pedagogiese kennis en -vaardighede. Die verwerking en gebruik van kennis word egter deur 'n lens van persoonlike oortuigings, beskouings, houdings en waardes gefokus en gefiltreer. Ten einde doeltreffend te kan onderrig, behoort wiskundeonderwysers dus met persoonlike ingesteldhede en waardes toegerus te wees wat groei-en-verandering by hulself, die leerders en die dissipline binne die onderrig-leersituasie, maar ook daarbuite, kan bevorder.

Wat die hoedanighede van die wiskundeleerling betref: ten einde doeltreffend te kan leer, moet die wiskundeleerling oor bepaalde kennis, vaardighede en ingesteldhede beskik. Aangesien alle leer op voorkennis voortbou, moet die leerling noodwendig in elke nuwe of volgende leersituasie oor geskikte en relevante voorkennis beskik. Daarby is ook aangetoon dat daar in die onderrig-leersituasie op skool 'n noue verband tussen 'wiskunde-leer' en 'wiskunde-doen' bestaan, asook dat koöperatiewe probleemoplossing 'n besonder doeltreffende konteks hiervoor is. Die wiskundeleerder moet daarom ook oor bepaalde praktiese, sowel as denk- en sosiale vaardighede beskik om wiskunde doeltreffend te kan leer. Die praktiese vaardighede sluit byvoorbeeld psigomotoriese vaardighede, soos om 'n passer te hanteer, en die vaardigheid om 'n sakrekenaar, tabelle of grafieke te gebruik in. Die vereiste denkvaardighede sluit onder meer daardie vaardighede wat met kreatiwiteit, probleemoplossing, bewysvoering en verifiëring gepaard gaan in. Sonder die nodige sosiale vaardighede kan leerlinge nie saam-werk en -leer om 'n gestelde doel te bereik nie. Die ingesteldhede wat bedoel word, is houdings, beskouings, oortuigings en waardes rakende die self, die onderwyser, medeleerlinge, wiskunde, onderrig en leer, skool, werk en die werklike leefwêreld wat die doen en leer van wiskunde kan bevorder.

Wat doeltreffende leerlinghandelinge in die wiskundeonderrig-leersituasie betref: die wiskundeleerling behoort as 'n aktief-denkende en -doenende persoon in die wiskundeonderrig-leersituasie te handel. Hy of sy behoort 'n aktiewe deelnemer aan die onderrig-leergebeure in die wiskundeklas te wees, eerder as 'n passiewe toeskouer of slaafse nadoener van die onderwyser se handelinge en voorskrifte. Elke leerling moet immers die mate van (mede-) verantwoordelikheid waartoe hy of sy in staat is, vir sy of haar eie leer aanvaar en nakom - ook buite die wiskundeklas. Dit stel die hoë eis aan die leerling om die geselekteerde leerinhoude en -geleenthede optimaal te baat te neem, maar ook om steeds na meer doeltreffende en relevante leergeleenthede en eksemplare te soek. Hiertoe moet die leerling se handelinge

doelgerig, konstruktief en kumulatief van aard wees. Dit vereis van die leerling 'n hoë mate van gereedheid, bereidwilligheid, motivering en dissipline om te doen en te leer. Dit hou ook in dat die leerder bereid sal wees om saam met ander leerlinge en die onderwyser na die bereiking van individuele en koöperatiewe doelstellings te streef en te werk. Wiskundeleerders moet gevolglik bereid wees om aan mekaar optimale geleentheid tot betekenisgewende deelname en betekenisvolle leer te gun. Dit impliseer dat hulle met die onderwyser en met mekaar tot die ontwikkeling van 'n 'positiewe' onderrig-leerkultuur en -omgewing sal saamwerk. Hulle behoort individueel en gesamentlik medeverantwoordlikheid vir die totstandkoming en instandhouding van 'voldoende orde' in die wiskundewerk- en -onderrig-leerplek te aanvaar. Ten einde doeltreffend wiskunde te kan leer, behoort leerlinge mekaar ook onderling in hulle wiskundeleerhandelinge en -werk te ondersteun, help, begelei en respekteer.

Die 'hart' van doeltreffende wiskundeonderrig is doelgerigte en verantwoordelike medemenslike wisselwerking en hulpverlening, soos uit die onderskeie rolle van die betrokke persone blyk. Die rol van die wiskundeonderwyser kan beskryf word as dié van *geleentheidskepper* en dié van die leerling as *geleentheidbenutter*. Die onderwyser skep doelgerig betekenisvolle geleenthede vir die leerling om aan die hand van toeganklike en relevante wiskundeleerinhoude en -situasies op met begrip te kan leer, groei en ontwikkel, en begelei die leerling op 'n bemoontlikende wyse om die geleenthede optimaal te kan benut. Die leerling antwoord in individuele en koöperatiewe verband op hierdie geleenthede deur doelgerig en aktief-denkend daaraan deel te neem en kumulatief daartoe by te dra om sodoende na hoër vlakke van wiskundeleer en -bedrewenheid, asook persoonlike en wiskundige groei en ontwikkeling te vorder. Hiervolgens is verskillende interaksievlakke by doeltreffende wiskundeonderrig betrokke, naamlik: interpersoonlike onderwyser-leerling- en leerling-leerling-interaksie, intrapersoonlike interaksie van elke persoon met hom- of haarself, asook betekenissoekende en -gewende interaksie van die persone met die leerinhoud en die totale konteks waarbinne die onderrig plaasvind. Hoewel die interaksies deurgaans op doelbereiking gerig is, behoort dit ook deurlopend in 'n gees van onderhandeling, bemoontliking en bemiddeling te geskied. Hiertoe is doeltreffende 'oop' en 'egte' kommunikasie op alle betrokke vlakke onontbeerlik.

Die 'menslike handeling'-aard van wiskunde impliseer dat die gebeure in wiskundeonderrigsituasies nie los van die breëre verbande en belange wat daarby betrokke is, staan nie. Wiskundeonderrig vind dus noodwendig binne 'n bepaalde konteks(te)

plaas en die wyse waarop die konteks(te) in die onderrig verreken word, beïnvloed die doeltreffendheid van die onderrig wesenlik. Ten eerste is daar die werklike leef- en werkwêreld-konteks waarby aansluiting gevind moet word ten einde relevante en betekenisvolle leerinhoude en probleemsituasies te kan verskaf. Hierdie realistiese probleemoplossing-konteks is daarop gemik om wiskundige begripvorming en -ontwikkeling doeltreffend te kan bemoontlik en ondersteun, asook die ontwikkeling van toepaslike en essensiële wiskundige vaardighede, ingesteldhede en waardes. Hierin is die belang van 'n leerdergesentreerde en leerbemoontlikende, eerder as 'n voorskriftelike inhoudoordrag onderwyser-konteks ooglopend. Die vak-konteks is noodsaaklik, aangesien die uiteindelike matematisering van geleerde konsepte en konstrukte daarsonder nie moontlik is nie. Wiskundige handeling, in die besonder probleemoplossing, is wesenlik kreatief en konstruktief van aard en daarop gemik om 'n bydrae te maak en om verantwoordelikheid na te kom. As sodanig behoort die onderwyser en leerlinge se vordering en sukses rakende die 'proses', sowel as die 'uitkomste' daarvan, deurlopend doelgerig en doeltreffend bepaal en beoordeel te word. Daar is gevolglik ook noodwendig 'n bepaalde omvattende en integrale evaluering-konteks by doeltreffende wiskundeonderrig en –leer betrokke.

4.4 SAMEVATTING

Die ontwikkeling van nuwe benaderings tot die onderrig van wiskunde berus op nuwe insigte met betrekking tot wiskunde of die leer daarvan. Dit bring dikwels mee dat die nuwe benadering redelik ingrypend, en selfs radikaal, van die heersende benadering verskil. Von Glasersfeld (1989,1991) se 'radikale konstruktivisme' is 'n sprekende voorbeeld hiervan (kyk 3.4.3.3; vergelyk ook Olssen, 1996). In hierdie hoofstuk is egter veronderstel dat nuwe benaderings tot die onderrig en leer van wiskunde nie disjunk van ouer benaderings beskou behoort te word nie. Daarmee word hier bedoel dat beproefde of geweegde, en steeds geldende elemente van ouer benaderings vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief begrond en in terme van nuwe insigte verreken, en desnoods gesuiwer, behoort te word en in 'n nuwe benadering geïnkorporeer kan word. Die anker-, vertrek- en/of fokuspunt van die nuwe benadering mag egter steeds wesenlik, selfs radikaal, van dié van die ouer benadering(s) verskil.

In die lig hiervan is in hierdie hoofstuk, in aansluiting by hoofstukke 2 en 3, 'n bepaalde proses van vernuwing van die benadering tot die doeltreffende wiskunde-onderrig op skool gevolg. Hiervolgens is daar op grond van 'n toepaslike same-

hangende en kumulatief gekonstrueerde liggaam van kennis van wiskunde en van die onderrig- en leerhandelinge betrokke by skoolwiskunde oorgegaan tot begronde aktiewe en verantwoorde ontwikkeling van riglyne met betrekking tot:

- die doel van en doelstellings vir wiskundeonderrig op skool,
- die seleksie en ordening van relevante en doeltreffende leerinhoud vir skoolwiskunde,
- die persone in die skoolwiskundeonderrigsituasie se onderskeie rolle en verantwoordelikhede met betrekking tot die bemoontliking en uitvoering van doeltreffende skoolwiskundeonderrig,
- die noodwendige en samehangende interaksies en kontekste wat by doeltreffende wiskundeonderrig op skool betrokke is.

Die kernimplikasies hiervan vir die doeltreffende didaktiese skoling van wiskundeonderwysers, in die besonder in die Noordwesprovinsie van Suid-Afrika, word in hoofstuk 5 ondersoek.

HOOFSTUK 5
IMPLIKASIES VAN 'N ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF VIR DIE VOORDIENS-DIDAKTIESE SKOLING VAN WISKUNDEONDERWYSERS

5.1 INLEIDING

Elke beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig berus op sekere fundamentele vertrekpunte en lei tot 'n bepaalde benadering tot die onderrig en leer van wiskunde op skool (vergelyk hoofstuk 2 en 3). In die besonder is doeltreffende wiskunde-onderrig in hoofstuk 4 vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief begrond. Die doeltreffende implementering van sodanige benadering berus in 'n bepalende mate op die skoling van wiskundeonderwysers om vanuit die besondere perspektief doeltreffende onderrig te kan gee. In hierdie hoofstuk is die fokus op die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers tot die verwesenliking van hierdie ideaal.

Die doel van hierdie hoofstuk is om:

- kernimplikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief op die voordiens-didaktiese skolingsituasie van wiskundeonderwysers te bepaal en in praktiese opleidingsverband te ondersoek;
- spesifieke beskouings oor die wesenstrekke van skoolwiskundeonderrig in praktiese opleidingsverband te ondersoek en die kernimplikasies daarvan vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeondersysers te bepaal.

Hoewel die doel nie is om die verskynsel 'voordiens-didaktiese skoling van wiskunde-onderwysers' omvattend te ontleed nie, sal die verskynsel tog duidelik omskryf moet word. Om ekonomiese redes word die omskrywing van 'didaktiese skoling' en die identifikasie en praktiese ondersoek van die besondere implikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief daarop nie geskei nie, maar op 'n geïntegreerde wyse aangebied. Voorts word die praktiese ondersoek na spesifieke beskouings oor die wesenstrekke van skoolwiskundeonderrig en die implikasies daarvan vir die betrokke didaktiese skoling egter om praktiese redes en ter wille van duidelikheid afsonderlik hanteer. In beide gevalle word daar deurlopend gepoog om die verband tussen die teoretiese perspektiewe in hierdie en die vorige hoofstukke, en die praktiese skoling-

situasie te respekteer en te verreken. Dit is egter noodsaaklik om die ondersoekprogram wat gevolg is, vooraf te omskryf en te motiveer.

5.2 DIE EMPIRIESE ONDERSOEKPROGRAM

5.2.1 Die doel van die empiriese ondersoek

Die doel van die empiriese ondersoek was om:

- te bepaal watter implikasies 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig en die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers vir die betrokke didaktiese skoling inhou;
- te bepaal watter beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig en watter persepsies oor die betrokke wiskundedidaktiekopleiding by finalejaar voordiens-wiskundeonderwysers en hulle wiskundedidaktiekdosente voorkom;
- te bepaal watter implikasies voormelde beskouings en persepsies vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers inhou.

5.2.2 Agtergrondskets van die opleidingsituasie

5.2.2.1 Die opleidingsinrigtings

Die empiriese ondersoek is primêr op die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in die finalejaar gerig. Ten einde die navorsingsmetodologie te begryp, is dit nodig dat die diverse opleidingsituasie in die Noordwesprovinsie (kortweg: 'Noordwes') te begryp. Die inligting is deur die betrokke departementshoofde en/of dosente verantwoordelik vir die betrokke opleiding verskaf. Die ondersoek is by die volgende onderwyskolleges en universiteite in Noordwes, wat wiskundeonderwysers oplei, onderneem:

- Hebron College of Education te Ga-Rankuwa
- Lehurutshe College of Education
- Mankwe Christian College of Education te Mogwase
- Onderwyskollege Potchefstroom (POK)
- Taung College of Education te Pudimoe
- University of the North West (Uniwest) te Mafikeng
- Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys (PU vir CHO)

5.2.2.2 *Die opleidingskurrikulum*

Die Hebron-, Lehurutshe-, Mankwe- en Taung-kolleges het tot in 1994 in die ex-Bophuthatswana onder jurisdiksie van die "Institute of Education" aan Uniwest (vroeër Unibo: "University of Bophuthatswana") gefunksioneer. Die "Institute" beheer en kontroleer die betrokke opleidingsprogram aan die kolleges streng deurdat dit die sillabusse en eksamenvraestelle vir die verskillende jaargroepe in oorleg met verteenwoordigers van die kolleges vasstel, vaste voorskrifte ten opsigte van die onderrigtyd (rooster-) bepaal, studente se jaarpunte en finale uitslae sanksioneer, asook die eksamennasienwerk koördineer en modereer.

Dieselfde mate van beheer en kontrole van die "Institute" bestaan nie ten opsigte van die betrokke opleiding aan Uniwest nie. Trouens, aan Uniwest het die betrokke groep studente *geen* formele wiskundedidaktiekopleiding ontvang nie, aangesien daar nie 'n bevoegde persoon vir dié doel beskikbaar was nie. Hulle het net opleiding in akademiese wiskunde en in algemene didaktiek tot op finalejaarvlak ontvang.

Die Hebron-, Lehurutshe- en Taung-kolleges lei wiskundeonderwysers vir primêre- en sekondêreskole op. Volgens die betrokke kursussillabusse (Institute of Education, 1991a&b) volg beide groepe studente 'n *geïntegreerde* kursus, bestaande uit akademiese wiskundeinhoud (70%) en 'wiskundekurrikulum'-inhoud (30%). Onderhoude met dosente by voormelde kolleges toon egter dat daar slegs een van nege periodes per week, sowat 10% van die tyd, aan laasgenoemde afgestaan word, as gevolg van die druk om die wiskundesillabus bevredigend volgens die modereringsvereistes afgehandel te kry. Studente by hierdie kolleges skryf dan ook dieselfde eindvraestel, wat in bogenoemde verhouding tussen wiskunde en 'kurrikulum'-inhoud verdeel is. Die moderator van hierdie vraestel, asook die betrokke departementshoofde, meld dat die vrae vir die 'kurrikulum'-deel hoofsaaklik op die kennisvlak ("reproduction") is. Volgens die moderator kry die studente gewoonlik hoë punte ("nearly full marks") vir die 'kurrikulum'-deel van die vraestel, vermoedelik om vir die oorwegend lae punte vir die wiskundedeel te kompenseer.

Alle primêreskoolstudente volg 'n *algemene* opleidingsprogram en neem wiskunde as 'n *verpligte* vak. Hul akademiese wiskundekomponent bestaan uit die skool-wiskundeinhoud tot op standerd 8-vlak (graad 10-). Geen voorvereiste ten opsigte van wiskunde op skoolvlak word in die geval van primêreskoolstudente gestel nie. Sekondêreskoolstudente neem wiskunde egter as 'n *keusevak* en die akademiese inhoud word deur Uniwest tot op tweedejaaruniversiteitsvlak erken. Wiskunde geslaag tot op standerd 10-vlak (graad 12-) word vereis. Mankwe-kollege lei slegs

sekondêreskoolstudente op en spesialiseer in die opleiding van wiskunde- en natuurwetenskaponderwysers; dieselfde geïntegreerde wiskundesillabusse, wat by die voormelde kolleges gevolg word, geld hier. Die aanvanklike voltydse opleiding van studente aan hierdie kolleges duur drie jaar en aan Uniwest vier jaar. Die onderrigmedium is Engels, wat nie die studente of, op enkele uitsonderings na, die dosente se eerstetaal (moeder-) is nie; dit is ook die medium waardeur die studente byna uitsluitlik tweedetaalgebruikers op skool gaan onderrig.

Die Onderwyskollege Potchefstroom (POK) het tot in 1994 onder jurisdiksie van die ex-Transvaalse Onderwysdepartement (TOD), met 'n hoë mate van outonomiteit ten opsigte van sillabusse en eksaminering, gefunksioneer. Die PU vir CHO modereer steeds die sillabusse en eksamenwerk. Afsonderlike akademiese wiskunde- en 'kurrikulum'-wiskundekursusse (wiskundedidaktiek-) bestaan. Alle senior primêreskoolstudente neem die 'kurrikulum'-wiskundekursus in alvier opleidingsjare, terwyl akademiese wiskunde 'n keusevak is, wat ook oor vier jaar gevolg word. In die 'kurrikulum'-wiskundekursusse bestudeer studente die onderrig en leer van primêreskoolwiskunde aan die hand van primêreskoolwiskundeinhoude. Geen voorvereiste ten opsigte van wiskunde op skoolvlak word met betrekking tot die 'kurrikulum'-wiskundekursusse gestel nie. Die akademiese wiskundeinhoud word deur die PU vir CHO tot op eerstejaar universiteitsvlak erken en wiskunde geslaag tot op standerd 10-vlak (graad 12-) word vereis. Die onderrig geskied in Afrikaans wat die eerstetaal (moeder-) van die studente en die dosente is en wat ook die medium is waardeur die studente hoofsaaklik eerstetaalgebruikers op skool gaan onderrig. Die betrokke groep studente was almal primêreskoolstudente in die finalejaar (voltyds).

Aan die PU vir CHO neem studente wiskunde as akademiese vak vir een, twee of drie jaar van hulle graad- of diploma-opleiding, waarna hulle 'wiskundevakdidaktiek' as 'n afsonderlike vak in hulle vierde ('professionele') jaar neem. Wiskunde geslaag tot op standerd 10-vlak (graad 12-) word vereis. Vir voltydse studente vind die onderrig in die meerderheid studente en die dosente se eerstetaal, Afrikaans, plaas wat ook die medium is waardeur hulle hoofsaaklik eerstetaalgebuikers op skool sal onderrig. Vir deeltydse studente vind die onderrig in die meerderheid studente en die dosent se tweede taal, Engels, plaas wat ook die medium is waardeur hulle hoofsaaklik tweedetaalgebruikers sal onderrig. Die betrokke groep studente was almal sekondêreskoolstudente in die finalejaar (voltyds en deeltyds).

5.2.2.3 *Die opleidingsmilieu*

Die studente wat aan die kolleges en uiniversiteite as wiskundeonderwysers opgelei word, kom uit verskillende milieus. Uit 2.4.3.7 en 4.2.6 volg dat die ekologie van enige onderrigsituasie, en dus die omgewingskonteks van die betrokke opleiding, die aard en verloop daarvan beïnvloed (kyk Figuur 4.2).

Die oorgrote meerderheid studente aan die Taung- en Lehurutshe-kolleges kom uit 'diep-plattelandse' gemeenskappe en die kampusse vertoon dan ook 'n 'landelike' karakter. Baughan (1997), wat tans aan 'n interdissiplinêre navorsingsprojek op die terrein van die gemeenskapslewe van die Universiteit van Stellenbosch in die "Pudimoe-village" deelneem, merk tereg op dat die meerderheid studente by die Taung-kollege in hulle gemeenskap 'eerstegenerasie' leerders is. Hulle kom dus uit 'n sosiaal-maatskaplike omgewing waarbinne daar nie 'n tradisie van leer (studeer) bestaan nie, maar eerder een van 'handewerk', 'leef-van-dag-tot-dag', 'afhanklik-wees-van-ander' en "sorg-vir-ander'. As gevolg van armoede is die gemeenskap grootliks geïsoleer van tegnologiese ontwikkelinge soos elektrisiteit, TV, telefone en die gedrukte media. Daarby kom die studente uit 'n stelsel van "rural black education" wat nie die ontwikkeling van 'n algemene kultuur van onderrig en leer bevorder het nie. Hierdie tipering kan ook van toepassing gemaak word op die meerderheid studente aan die ander ex-Bophuthatswana-kolleges en Uniwest, asook op die deeltydse studente aan die PU vir CHO, wat uit die histories 'minderbevoorregte' sektor van die Suid-Afrikaanse samelewing kom.

Die meerderheid studente aan die Hebron-kollege, asook 'n beduidende sektor van die Mankwe-studente kom uit 'n stedelike of 'groot plattelandse stad'-opset ("Black urban township"), wat reeds vir meer as 'n dekade aan tegnologiese ontwikkelings soos elektrisiteit, TV, telefone, die rekenaar en die gedrukte media blootgestel is.

Die voltydse studente aan die POK en die PU vir CHO kom hoofsaaklik uit die voormalige 'bevoorregte' sektor van die Suid-Afrikaanse samelewing en het die voordeel van 'wit onderwys' geniet. Hulle kom ook uit 'n gemeenskap wat vir geslagte lank 'n hoë premie op onderrig en leer (studeer) stel en wat die gerief en fasiliterende voordeel van hoë tegnologie in hulle huise en skole geniet en gebruik.

5.2.2.4 *Die opleidingsfasiliteite en -konteks*

Al die inrigtings is in permanente strukture gehuisves en voldoende lesinglokale is beskikbaar vir die opleiding, maar klaskamers word deur verskillende departemente gedeel sodat vaktipiese apparatuur nie in die lokale gelaat kan word nie. By een

inrigting was geen werkende toiletgeriewe vir die gebruik deur studente beskikbaar nie, behalwe in die koshuise. By dieselfde inrigting deel die dosente een groot klaslokaal as kantoor, sodat vertroulike en/of persoonlike onderhoude tussen dosente en studente moeilik haalbaar is; by die ander inrigtings beskik personeel oor doelmatige kantoorfasiliteite. By twee van die groot inrigtings is gevind dat daar nie voldoende tafels en/of banke vir die gebruik van studente in lesinglokale beskikbaar is nie: daar was stoele vir alle studente in die klaskamers, maar sowat tweederdes van hulle moes op hul skote skryf omdat daar nie genoeg tafels of banke beskikbaar was nie.

By al die inrigtings is biblioteke tot die beskikking van dosente en studente, maar uit die onderhoude met dosente blyk dat toepaslike vaktydskrifte slegs by die twee universiteite en een kollege beskikbaar is. Laasgenoemde kollege is ook die enigste een van die inrigtings wat oor 'n goed toegeruste 'wiskundelaboratorium' beskik waar studente in koöperatiewe verband aan praktiese projekte kan saamwerk. Tydens die onderhoude het die personeel by die ander inrigtings te kenne gegee dat hulle studente ook sodanige projekte uitvoer, maar dit wil voorkom asof die gewone gedeelde klaskameropset nie in alle opsigte bevredigend vir hierdie doel is nie. By al die inrigtings het die studente op een of ander wyse toegang tot die gebruik van persoonlike rekenaars, wat wissel van goed toegeruste rekenaarlokale in netwerkverband tot enkele losstaande eenhede, met 'n minimum van programmatuur beskikbaar. Wiskundepersoneel het egter min of glad nie direkte inspraak in hoe hierdie fasiliteite tot voordeel van die opleiding van wiskundeonderwysers gebruik kan word nie.

Oor die algemeen geskied die wiskunde- en -didaktiekopleiding hoofsaaklik by wyse van klassikale lesings. Uit die onderhoude met dosente is dit duidelik dat die 'tradisionele' lesing steeds in die meerderheid van gevalle aan die orde van die dag is. By die een kollege, waar 'n aparte wiskundedidaktiekkursus aangebied word, werk studente egter ten minste een sessie per week koöperatief aan praktiese opdragte in die wiskundelaboratorium. Een van die ex-Bophuthatswana-kolleges is deel van die geborgde nasionale 'EMSCEP'-loodsprojek, wat ten doel het om die voordiens-wiskunde- en -didaktiekopleiding van wiskundeonderwysers by 'minderbevoorregte' kolleges deur middel van 'n *probleemgesentreerde benadering* (kyk 3.4.3.4 en 4.2.6.3) te verbeter. Anders as by die ander ex-Bophuthatswana-kolleges ontvang voordiens-wiskundeonderwysers by die 'EMSCEP-kollege' gevolglik nie die konvensionele geïntegreerde opleiding nie, maar probleemgesentreerde geïntegreerde opleiding. Die borgskap het daarvoor voorsiening gemaak dat *elke* wiskundestudent en -dosent 'n *grafiese sakrekenaar* teen 'n bekostigbare prys kon aankoop. Hierdie

kragtige instrumente ("pocket computers") is dus te alle tye tot beskikking van *al* die wiskundedosente en -studente aan hierdie kollege.

5.2.2.5 Studente se gereedheid om aan die opname deel te neem

Met die uitsondering van die studente by die PU vir CHO, was dit vir feitlik al die studente die eerste ervaring van sodanige opname. Dit was dan ook duidelik dat feitlik geen studente met die taak, wat deur hulle deelname geïmpliseer is, vertroud was nie en dat hulle die opname aanvanklik as een of ander toets of evaluering beskou het. Studente by een kollege het byvoorbeeld herhaaldelik gevra wanneer en hoe hulle die 'uitslae' sou kry; by 'n ander kollege het studente wat afwesig was spesiale reëlings getref om die vraelys later te voltooi, omdat hulle nie "die toets wou mis nie". Dit wil dus voorkom asof die studente oor die algemeen nie ten volle gereed was om objektief aan die opname deel te neem nie.

Alhoewel die navorser die doel en die prosedure van die opname vooraf sorgvuldig aan al die studente verduidelik het, kon voormelde 'ongereedheid' van studente die betroubaarheid en geldigheid van hul response negatief beïnvloed het. Sommiges kon moontlik doelbewus probeer het om 'n gunstige indruk van hulle self of van hulle dosente of die inrigting te skep in plaas daarvan om objektief en vrymoedig te reageer. Dit kon tot 'n mate van onsekerheid by daardie studente lei, wat weer tot die waargenome hoë frekwensie van 'matige' response (2 en 3) in die skaal wat gebruik is (kyk 5.2.3.2), kon lei.

Verdere faktore wat studente se gereedheid tot deelname kon beïnvloed, was hulle verwagting rondom onderwysposte en hulle persepsie van die huidige onsekerheid in die onderwys in Suid-Afrika, in die besonder in Noordwes. By twee kolleges was geen primêreskoolstudent op die datum van die opname (September/Oktober 1997) al seker van 'n aanstelling vir 1998 in 'n onderwyspos nie; trouens, die studente het eerder verwag dat hulle *nie* poste sal kry nie. Verskeie studente het hulle kommer en teleurstelling hieroor teenoor die navorser uitgespreek en enkeles van hulle het selfs die verwagting gesuggereer dat die navorser en die navorsing moontlik "iets aan die saak sou kon doen". Dosente het bevestig dat hierdie kommer en teleurstelling 'n negatiewe invloed op studente se werk en hul ingesteldheid daarteenoor het.

Die meerderheid onderhouddosente aan ex-Bophuthastwanakolleges het aangedui dat die opleiding aan die kolleges vir 'heelwat' studente, as eerstegenerasieleerders, 'n enigste of laaste uitweg of geleentheid tot naskoolse studie of opleiding is. Dit lei dan tot 'n lae verwagting ten opsigte van die uitkoms van die opleiding, en gevolglik tot lae motiveringsvlakke ten opsigte van en negatiewe ingesteldhede teenoor die

betrokke opleiding en onderwys. Volgens hulle is dit veral ten opsigte van primêre-skoolstudente aan daardie kolleges waar. Hierdie studente het moontlik die opname, soos hulle wiskundestudie, nie ernstig benader nie, wat die betroubaarheid van hulle response kon benadeel.

5.2.3 Die ondersoekmetodologie

5.2.3.1 Die navorsingsontwerp

Die ondersoek was primêr ingestel op die sistematiese insameling van inligting ten einde bepaalde aspekte van die betrokke opleidingsituasies te beskryf; gevolglik is kwantitatiewe en kwalitatiewe *beskrywende* tegnieke gebruik (kyk 1.5.2.1), naamlik 'n *dwarssneeveldondersoek* ("cross-sectional survey") aan die hand van *vraelyste* en gestruktureerde *onderhoude* (Borg & Gall, 1989:416; Borg *et al.*, 1993:218-219).

5.2.3.2 Vraelyste

Aangesien die vraelyste primêr gebruik is om 'n spektrum van spesifieke beskouings en persepsies (ingesteldhede) te bepaal, het die vraelyste hoofsaaklik Likert-tipe vrae bevat (Borg *et al.*, 1993:112). Vraelyste kan egter 'gemiddelde' response tot gevolg hê (Borg & Gall, 1989:446); daarom is dieselfde vierpuntskaal, met die 'neutrale' of onseker-opsie as 'n vyfde moontlikheid in die laaste posisie, in alle gevalle gebruik om die respondente te 'dwing' om pertinente standpunte in te neem (kyk Bylae A).

Die volgende skaal is gebruik:

1: Ek verskil ten sterkste
2: Ek verskil
3: Ek stem saam
4: Ek stem ten sterkste saam
5: SLEGS indien u nie seker is nie

Ter wille van koste-effektiwiteit het respondente hul response op 'n los antwoordblad verskaf (kyk Bylae B). Ten einde die verwerking per inrigting te vergemaklik, is 'n kleurkode gebruik om inrigtings te onderskei.

Die vraelys het ook drie oop-responsvrae bevat om bykomende kwalitatiewe inligting rakende die sterk- en swakpunte van die betrokke studente se voordiens-wiskunde-didaktiekopleiding van *al* die respondente te kon kry (kyk Bylae A).

Die navorser het self die vraelysopname by elke betrokke inrigting gedoen om die hoogste moontlike mate van eenduidigheid en betroubaarheid ten opsigte van die instruksies en afneemprosedure te verseker.

Verdere besonderhede rakende die konstruksie en motivering van die vraelyste word in 5.4.2 verskaf.

5.2.3.3 Onderhoude

Kernimplikasies van 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skool-wiskundeonderrig en wiskundedidaktiekopleiding vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers is uit die teoretiese raamwerk wat in hoofstuk 4 ontwikkel is, afgelei (kyk 5.3). Die moontlike praktiese betekenis van bepaalde geïdentifiseerde implikasies vir die beplanning, organisering en uitvoering van die wiskundedidaktiek-opleiding is by die finalejaaronderriggewers (wiskundedidaktiekdosente) getoets. 'n Gestruktureerde onderhoud is vir hierdie doel gebruik (kyk Bylae C), aangesien die navorser daardeur interaktief en op 'n aanpasbare, maar ekwivalente wyse inligting van individue kan verkry (Borg & Gall, 1989:446; Borg *et al.*, 1993:113-114).

Die navorser het self al die onderhoude by die betrokke inrigtings gevoer om die hoogste moontlike mate van betroubaarheid te verseker. Onderhoude is telkens met die toestemming van die respondent op oudioband opgeneem vir latere verwysing (kyk Bylae D). Die navorser het ook veldnotas rakende die opleidingsituasie wat die verwerking van die onderhoudmateriaal kon vergemaklik, gemaak. Dit sluit inligting rakende die opleidingsprogram en -milieu in, asook inligting wat enkele respondente bykomend tot die onderhoudmateriaal wou gee en kommentaar oor items in die vraelys.

Verdere besonderhede rakende die konstruksie en motivering van die onderhoud-skedule word in 5.3.3 en 5.3.4 verskaf.

5.2.3.4 Kwantitatiewe tegnieke

Ten einde die betrokke opleidingsituasie te kon beskryf, moes ook vasgestel word of daar betekenisvolle verskille tussen die beskouings van studente, dosente en skool-wiskundeonderwyspraktisyns voorkom. Hiertoe is 'n *eenrigtingvariansie-analise* ("ANOVA") gebruik, naamlik 'n *eensteekproef-t-toets* (Borg *et al.*, 1993:152; Cohen, 1988:24).

5.2.3.5 *Triangulering*

Ten slotte, is inligting rakende die betrokke opleidingsituasie wat op kwantitatiewe en kwalitatiewe wyse verkry is, is soos volg deur 'n proses van *triangulering* met mekaar in verband gebring om die betroubaarheid van die inligting en die geldigheid van afleidings te verhoog (Borg & Gall, 1989:393):

- Inligting uit twee bronne in die opleidingsituasie (studente en dosente) is met inligting uit 'n bron buite die opleidingsituasie, maar in die bestemmingspraktyk (vakadviseurs en wiskundeonderwysers), in verband gebring.
- Inligting wat met die onderskeie ondersoekmetodes (literatuurondersoek, vraelyste, onderhoude en statistiese tegnieke) verkry is, is in verband gestel.

5.2.3.6 *Toestemming*

Toestemming tot deelname is *via* die rektore van die betrokke personeel en studente aan die betrokke onderwyskolleges verkry (kyk Bylae D), asook van die universtiteitsdosente verantwoordelik vir die spesifieke opleiding, die wiskundadviseurs en die Sediba-onderwysers.

5.2.4 Die ondersoekpopulasie en -steekproef

Die ondersoekpopulasie het primêr uit die volgende persone bestaan:

- al die finalejaarwiskundeonderwysstudente aan die vyf onderwyskolleges en twee universiteite in Noordwes (kyk Tabel 5.1);
- al die dosente verantwoordelik vir die wiskunde- en -didaktiekopleiding aan die onderwyskolleges en universiteite in Noordwes (kyk Tabel 5.2).

By die Hebron-, Lehurutshe- en Taung-kolleges is die primêreskoolstudente op 'n *willekeurige* wyse in ongeveer gelyke klasgroepe van 35 tot 50 ingedeel, wat elkeen deur 'n spesifieke dosent onderrig word. In elk van hierdie gevalle is een klasgroep per dosent betrokke by die finalejaarstudente gekies, met 'n mimimum van vyftig primêreskoolstudente per inrigting (kyk Tabel 5.1). Waar die totale getal primêreskool- of sekondêreskoolstudente by 'n bepaalde inrigting minder as sestig was, is die hele groep gekies. Dit was die geval met die primêreskoolstudente by POK en al die sekondêreskoolstudente by die onderskeie inrigtings (kyk Tabel 5.1).

Tabel 5.1 : Ondersoekpopulasie en steekproef van studente

Inrigting	Studierigting	Populasie (groep)	Steekproef (% van groep)	Respondente (% van groep | steekproef)
Hebron	Primêreskool	140	70 (50%)*	62 (44% | 89%)
	Sekondêreskool	15	15 (100%)	12 (80%)
Lehurutshe	Primêreskool	210	89 (43%)*	81 (39% | 91%)
	Sekondêreskool	20	20 (100%)	20 (100%)
Mankwe	Sekondêreskool	50	50 (100%)	35 (70%)
Taung	Primêreskool	110	77 (70%)*	67 (61% | 87%)
	Sekondêreskool	6	6 (100%)	6 (100%)
POK	Primêreskool	45	45 (100%)	45 (100%)
Uniwest	Sekondêreskool	11	11 (100%)	10 (91%)
PU vir CHO	Sekondêreskool (voltyds)	14	14 (100%)	13 (93%)
	Sekondêreskool (deeltyds)	17	17 (100%)	15 (88%)
Totaal	**Primêreskool**	**505**	**281 (57%)**	**255 (50% | 91%)**
	Sekondêreskool	**133**	**133 (100%)**	**111 (83%)**

* Ewekansige steekproef

Al die kollegedosente in die betrokke departemente is aan die vraelysondersoek onderwerp; slegs die departementshoof en die dosente van die finalejaargroepe is aan die onderhoudondersoek onderwerp (kyk Tabel 5.2). By albei universiteite was slegs een persoon by die opleiding betrokke en in elke geval aan die vraelys- en onderhoudondersoek onderwerp (kyk Tabel 5.2).

Tabel 5.2 : Ondersoekpopulasie en steekproef van dosente

Inrigting	Populasie	Vraelys-respondente	Onderhoud-respondente
Hebron	6	6	3
Lehurutshe	8	6	4
Mankwe	5	5	3
Taung	4	4	3
POK	3	3	2
PU vir CHO	1	1	1
Uniwest	1	1	1
Totaal	**28**	**26 (87%)**	**17 (57%)**

Ter wille van die triangulering van inligting (kyk 5.2.3) is die volgende wiskunde-onderrigpraktisyns (kortweg: 'praktisyns') in Noordwes ook in die vraelysondersoek betrek:

Vakadiviseurs vir wiskunde

Al die sekondêreskoolwiskundeadviseurs [N=8] en primêreskoolwiskundeadviseurs [N=7] is betrek. Twee primêreskoolwiskundeadviseurs het egter nie deelgeneem nie: een wat gedurende die ondersoek met verlof was en een wat lank nie met skool-wiskunde gemoeid was nie en eers op 1 Augustus 1997 diens as wiskundeadviseur aanvaar het. Drie senior amptenare (senior vakadviseur, koördineerder en distriks-bestuurder), wat tot in 1996 wiskundeadviseurs was, het ook deelgeneem.

Voormelde persone is op grond van hulle ervaring en kennis van beginner-wiskunde-onderwysers se prestasie en probleme ten opsigte van die onderrig van skool-wiskunde gekies.

Sediba-onderwysers

Die Sediba-kursus by die PU vir CHO is 'n deeltydse eenjaar-opgraderingskursus (oor twee jaar) vir sekondêreskoolwiskunde- en -natuurwetenskaponderwysers in besit van 'n driejarige onderwysdiploma. Die 1997-finalejaargroep Sediba-wiskunde-onderwysers is op grond van hul prestasie in skoolwiskundeonderrig en as 'n verteenwoordigende snit van die soort skole in die provinsie vir die kursus gekeur. Na oorlegpleging met professor H.S. Steyn (hoof van die Statistiese Konsultasie-diens van die PU vir CHO), doktor C.K. van Wyk (hulppromotor) en professor J.J.A. Smit (direkteur van die Eenheid vir die Bevordering van Natuur-en-Skeikunde-onderwys aan die PU vir CHO en hoof van die Sedibaprogram) is besluit om die hele groep [N=37] as 'n addisionele bron van praktykinligting by die ondersoek in te sluit.

Dit is egter noodsaaklik om in ag te neem dat die groep relatief klein is en slegs uit een sektor van die wiskundeonderwyserkorps kom, wat die betroubaarheid van die inligting, wat van hulle verkry word, en die geldigheid van afleidings beperk (Borg *et al.*, 1993:99-100). Die samestelling van die 1997-afstuderende sekondêreskool-wiskundeonderwysstudente in Noordwes toon dat 63% van die studente 'n driejarige diplomakursus volg (kyk Tabel 5.1). Die Sediba-onderwysers 'verteenwoordig' dus 'n beduidende en 'n belangrike sektor van die wiskundeonderwyserkorps in die provinsie.

Die deel van totale populasie wiskundeonderwysers in Noordwes wat nie deur die Sediba-onderwysers 'verteenwoordig' word nie, is geografies wyd en yl versprei. Op

grond van uitvoerbaarheid- en koste-effektiwiteitoorwegings en in die lig van die primêre fokus van die ondersoek is daar dus nie ook 'n verteenwoordigende steekproef uit die totale 'nie-Sediba-kategorie' wiskundeonderwysers betrek nie.

Biografiese gegewens van die proefpersone word in Tabel 5.3 verskaf (Item A2 tot A8 en A11 tot A13 in Bylae A), met bondige bespreking daarvan direk na elke afsonderlike afdeling.

Tabel 5.3 : Biografiese gegewens van die proefpersone

A. Geslag

Geslag	Studente [n=366]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Manlik	105 (28,7%)	17 (65,4%)	21 (44,7%)
Vroulik	261 (71,3%)	9 (34,6%)	26 (55,3%)

Daar is 'n ongelyke geslagsverdeling by studente en dosente. Die opleiding van wiskundeonderwysers in Noordwes is tans hoofsaaklik in manshande, terwyl die studente in skoolwiskundeonderwys hoofsaaklik vroulik is. Aangesien primêreskoolstudente 'n breë algemene opleiding ondergaan, mag die toekomstige situasie in skoolwiskundeonderrig egter hiervan verskil. Daar kan geen uitspraak ten opsigte van geslagsvoorkeur by die keuse, onderrig en leer van wiskunde op grond van voorgaande gemaak word nie.

B. Hoogste vlak van wiskundeopleiding

Vlak	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Skoolwiskunde tot standerd 7 of 8	20 (5,4%)	1 (3,8%)	0
Skoolwiskunde tot standerd 10	23 (6,3%)	0	8 (17%)
Kollegewiskunde vir prim. skool	220 (59,9%)	0	6 (12,8%)
Kollegewiskunde vir sek. skool	73 (19,9%)	0	18 (38,3%)
Universiteit tot 1ste of 2de jaar	9 (2,5%)	3 (11,5%)	5 (10,6%)
Universiteit as hoofvak	20 (5,4%)	14 (53,8%)	7 (14,9%)
Nagraads	2 (0,5%)	8 (30,8%)	3 (6,4%)

Slegs 8,4% studente het wiskunde op universiteitsvlak voltooi (28,3% met kollege-studente, wat wiskunde op 'n vergelykbare vlak het, ingesluit); slegs 5,9% studente het dit op finalejaaruniversiteitsvlak (of hoër) voltooi. Die vlak van wiskundeopleiding waarmee veral primêreskoolstudente tot die skoolpraktyk toetree, is dus skaars hoër as die vlak waarop hulle dit gaan onderrig. Dosente is bo die vlak waarop hulle wiskunde onderrig, gekwalifiseer (84,6%), met byna een-derde (30,8%) wat oor 'n nagraadse kwalifikasie in wiskunde beskik. Byna een-derde (29,8%) van die praktisyns het wiskunde nie op 'n hoër vlak as skoolwiskunde geslaag nie, maar byna een-derde (31,9%), wat almal vakadviseurs is, het wiskunde op universiteitsvlak geslaag.

C. Ervaring van skoolwiskundeonderrig : Studente [n=351]

Tydperk	Frekwensie (%)	Kum. frekwensie (%)
Geen	17 (4,8%)	17 (4,8%)
1 tot 2 weke	84 (23,9%)	101 (28,8%)
3 tot 4 weke	56 (16%)	157 (44,7%)
5 tot 6 weke	58 (16,5%)	215 (61,3%)
7 tot 8 weke	31 (8,8%)	246 (70,1%)
Meer as 8 weke	105 (29,9%)	351 (100%)
Gemiddeld*	***5,2 weke***	

* Middelinterval-geweegdegemiddeld; meer as 8 weke is as gemiddeld 9 weke geskat

Byna die helfte van die studente (44,7%) betree die praktyk met hoogstens 4 weke praktiese ervaring van skoolwiskundeonderrig en minder as een-derde (29,9%) met meer as 8 weke. Finalejaarwiskundeonderwysers verlaat dus die opleidingsituasie met 'n lae ervaringsvlak van skoolwiskundeonderrig; almal is egter tydens hul skool-loopbaan vir nege, tien of twaalf jaar daaraan blootgestel.

D. Ervaring van skoolwiskundeonderrig : Dosente en Praktisyns

Tydperk	Dosente [N=25]	Praktisyns [N=44]
0 tot 5 jaar	10 (40%)	18 (38,3%)
5 tot 10 jaar	7 (28%)	12 (25,5%)
10 tot 15 jaar	3 (12%)	5 (10,6%)
15 tot 20 jaar	1 (4%)	5 (10,6%)
Meer as 20 jaar	4 (16%)	4 (8,5%)
Gemiddeld*	***8,7 jaar***	***8,5 jaar***

* Middelinterval-geweegdegemiddeld; meer as 20 jaar is as 22,5 jaar geskat

'n Beduidende persentasie dosente (40%) en praktisyns (38,3%) het min (5 jaar of minder) ervaring van skoolwiskundeonderrig; 68% en 63,8% onderskeidelik van hulle

het 10 jaar of minder ervaring. 'n Beduidende aantal van die dosente wat wiskunde-didaktiekopleiding aanbied, se ervaringsvlak van skoolwiskundeonderrig is dus relatief laag.

E. Hoogste vlak van opleiding om skoolwiskunde te onderrig

Vlak	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Kollege prim. skool	256 (69,8%)	0	2 (4,3%)
Kollege sek. skool	74 (20,2%)	4 (15,4%)	34 (72,3%)
Universiteit prim. skool	0	0	1 (2,1%)
Universiteit sek. skool	30 (8,2%)	9 (34,6%)	7 (14,9%)
Nagraads	3 (0,8%)	10 (38,5%)	3 (6,4%)
Geen opleiding	4 (1,1%)	3 (11,5%)	0

'n Onbeduidende persentasie (6,4%) vakadiviseurs en onderwysers is op 'n hoër as die vereiste minimumvlak van skoolwiskundedidaktiek opgelei, terwyl 'n beduidende persentasie (38,5%) dosente op 'n nagraadse vlak in hierdie verband opgelei is.

F. Opleiding om wiskunde op tersiêre vlak te onderrig : Dosente [N=26]

Ja	16 (61,5%)
Nee	10 (38,5%)

'n Beduidende aantal dosente (38,5%) het *geen* opleiding ontvang om wiskunde op tersiêre vlak te onderrig nie.

G. Vlak van wiskundeprestasie op kollege of universiteit

Vlak	Studente [n=361]	Onderwysers [N=31]
Baie swak	13 (3,6%)	0
Ondergemiddeld	33 (9,1%)	1 (3,2%)
Gemiddeld	160 (44,1%)	9 (29%)
Bogemiddeld	84 (23,1%)	12 (38,7%)
Baie goed	71 (19,6%)	9 (29%)

Byna een-derde van die onderwysers (32,2%) het hoogstens gemiddeld in wiskunde presteer, terwyl slegs 42,7% voordiens-wiskundeonderwysers bogemiddeld of baie goed presteer.

H. Affeksie om wiskunde te doen

Item	Studente [n=363]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Hou glad nie daarvan nie	25 (6,9%)	0	0
Dis om't ewe	94 (25,8%)	1 (3,8%)	4 (8,5%)
Hou baie daarvan	244 (67,0%)	25 (96,2%)	43 (91,5%)

Byna een-derde van die voordiens-wiskundeonderwysers (32,7%) geniet dit nie om wiskunde te doen nie, terwyl 'n meerderheid studente (67,0%) en 'n groot meerderheid dosente (96,2%) en praktisyns (91,5%) dit wel geniet.

I. Moeilikheidsgraad van wiskunde

Vlak	Studente [n=366]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Te moeilik om te doen	17 (4,6%)	0	0
Meestal moeilik om te doen	56 (15,3%)	0	0
Nòg moeilik, nòg maklik	231 (63,1%)	5 (19,2%)	22 (46,8%)
Meestal maklik om te doen	49 (13,4%)	13 (50%)	19 (40,4%)
Maklik om te doen	13 (3,6%)	8 (30,8%)	6 (12,8%)

Slegs 17% van die voordiens-wiskundeonderwysers vind dit meestal of altyd maklik om wiskunde te doen, terwyl byna die helfte (46,8%) vakadiviseurs en onderwysers wiskunde *nie* meestal maklik vind nie.

5.2.5 Statistiese tegnieke

Die volgende algemeen-gebruikte beskrywende statistiese tegnieke is gebruik om die inligting te verwerk (Borg *et al.*, 1993:220; De Wet *et al.*, 1981:175-187):

- Die gemiddeld (M) van tellings as maat om sentraliteit ("central tendency") in 'n groep tellings te beskryf.

- Die standaardafwyking (σ) van tellings as maat om die heterogeniteit van of variasie in 'n groep tellings te beskryf.
- Frekwensies en persentasies van tellings as maat om Likert-tipe response te beskryf.

Die volgende statistiese tegnieke is in die verwerking van inligting gebruik (Cohen, 1988:24-26,79-80,284-287; De Wet *et al.*, 1981:187-194,212-220):

- Faktorontleding is gebruik om aan die hand van Cronbach se koëffisiënt α, faktorgewigte en kommunaliteite sinvolle en bruikbare faktore met betrekking tot die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig uit Afdeling B van vraelys saam te stel.
- Die f-waarde vir 'n eensteekproef-t-toets ("ANOVA") om die betekenisvolheid van tussen-groepverskille te beskryf, is met die volgende formule bereken:

$$f = \sqrt{\frac{(k-1)F}{n-k-1}}$$

waarby (in hierdie geval) n = 439, k = 3 en F die berekende F-waarde. In hierdie geval geld die volgende afsnypunte (Cohen, 1988:284-287):

f < 0,1 : onbeduidend
0,1 ≤ f < 0,25 : klein effek
0,25 ≤ f < 0,4 : medium effek
f ≥ 0,4 : groot effek en *prakties betekenisvolle* verskil

- Effekgroottes aan die hand van die Cohen-kriterium (d) en Pearson se korrelasiewaarde (p) om onderskeidelik die prakties betekenisvolheid en statisties beduidendheid van verskille te beskryf. Tensy anders vermeld is die volgende vorm van Cohen se kriterium gebruik (Cohen, 1988:25):

$$d = \frac{x_1 - x_2}{\sigma_{max}}$$

waarby x_1 en x_2 die gemiddeldes van twee stelle data wat vergelyk word en σ_{max} die maksimum van die twee betrokke standaardafwykings is. In hierdie geval geld die volgende afsnypunte:

d < 0,2 : onbeduidend
0,2 ≤ d < 0,5 : klein effek

$0,5 \leq d < 0,8$: medium effek

$d \geq 0,8$: groot effek en *prakties betekenisvolle* verskil

- Verdere besonderhede oor ander formules en gepaardgaande afsnypunte wat gebruik is, word ter plaatse in 5.4 verskaf.

Inligting is met die hulp van die Statistiese Konsultasiediens van die PU vir CHO rekenaarmatig deur middel van die "Statistica" ®-pakket (SAS Institute, 1985,1988) verwerk.

5.3 'N ONTOLOGIES-KONTEKSTUELE PERSPEKTIEF OP DIE VOORDIENS-DIDAKTIESE SKOLING VAN WISKUNDEONDERWYSERS

5.3.1 Oriëntering

Op grond van die beredeneringe in hoofstukke 2 tot 4 word met Letts, Bailey en Scantlebury (1997:192) saamgestem dat onderwysers "reflective practitioners", eerder as "technical experts" behoort te wees. Daar word verder met hulle saamgestem dat sodanige onderwyser-ideaal impliseer dat die tradisionele metodologie-opleiding van voordiens-onderwysers nie langer geskik is nie. Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief kan verwag word dat die voordiens-'didaktiese skoling' van wiskundeonderwysers in geheel grondig hervorm behoort te word. In die besonder behoort verseker te word dat die ses wesentrekke van onderrig in sodanige mate teenwoordig en in samehang is dat doeltreffende skoling kan plaasvind. So nie, sal die 'denkskuif' wat in voorgaande hoofstukke met betrekking tot onderwys, en die onderrig en leer van skoolwiskunde in die besonder, bepleit is, nie plaasvind nie.

5.3.2 Begripsomskrywing

'Didaktiese skoling' verwys na daardie spesifieke opleiding van onderwysers om doeltreffende onderrig op skool te kan gee. Die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers is dus die geheel van komponente van die student se voordiens-opleiding wat spesifiek daarop gerig is om hom of haar in staat te stel word om skoolwiskunde doeltreffend te onderrig, dit wil sê om doeltreffende wiskundeonderrig-handelinge te identifiseer, te beplan, uit te voer en te evalueer.

In ooreenstemming met Letts *et al.* (1997:193) se bevinding rakende die voordiens-opleiding van natuurwetenskaponderwysers, word vier samehangende komponente van wiskundeonderwysers se voordiens-opleiding hier onderskei, naamlik:

- 'n Akademiese wiskundekomponent

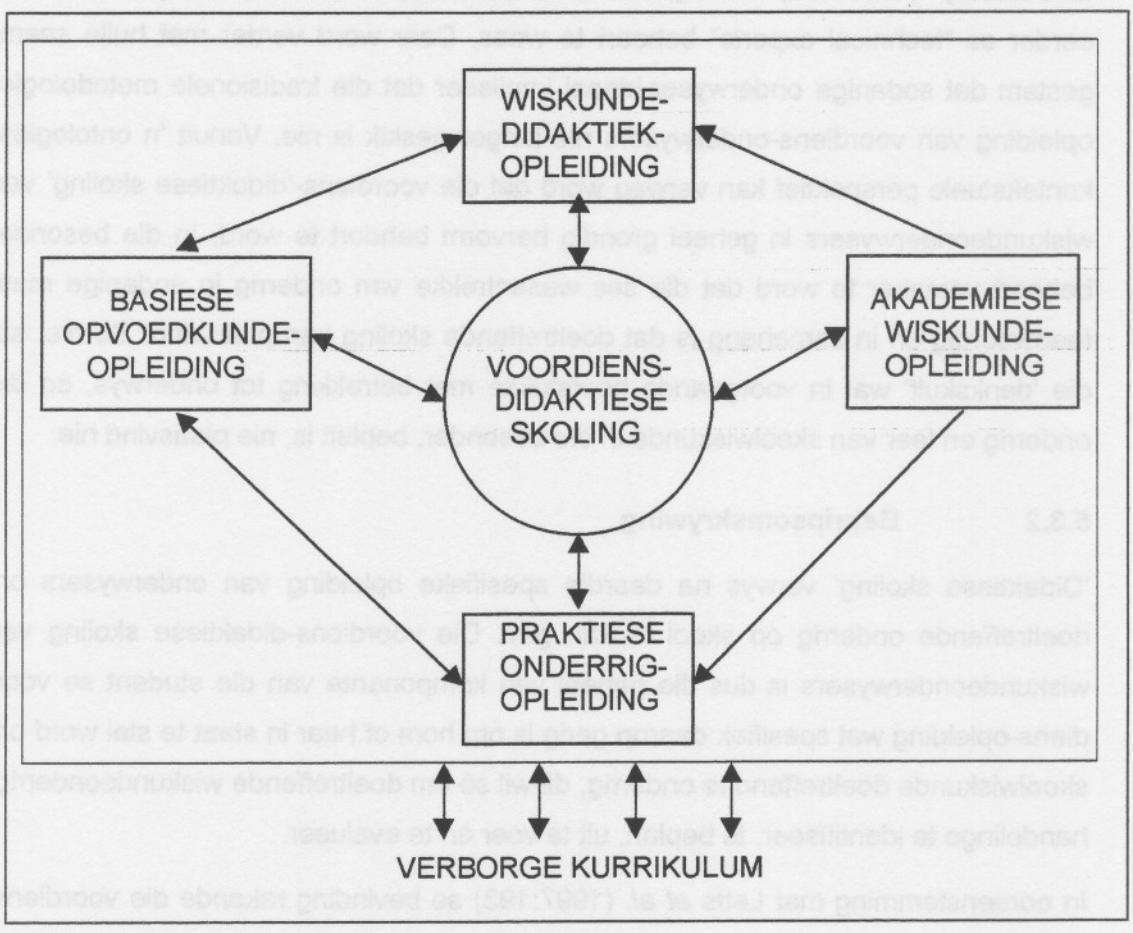
- 'n Basiese of algemene opvoedkundekomponent
- 'n Wiskundedidaktiekkomponent
- 'n Praktiese onderrigkomponent

5.3.3 Die struktuur van die didaktiese skoling

5.3.3.1 Die komponente van die didaktiese skoling

Die struktuur van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers word in Figuur 5.1 voorgestel. Ter wille van begrip en duidelikheid van die struktuur van die betrokke didaktiese skoling, is dit nodig om die onderskeie komponente, asook die onderlinge samehang daarvan toe te lig.

Figuur 5.1: Die komponente van die wiskundeonderwyser se voordiens-didaktiese skoling (na Letts *et al.*, 1997:193)



Basiese opvoedkunde

Dit sluit die algemene opvoedkunde-aspekte van die opleiding in wat tot die verwagte ontwikkeling van die student se kennis, vaardighede en ingesteldhede rakende die opvoedings- en onderwysgebeure, in die algemeen, en die klaskamergebeure, in die besonder, bydra (kyk 4.2.4.2). Die sogenaamde 'verborge opleidingskurrikulum' dra tot die gees en rigting van die opleiding, in die besonder van die didaktiese skoling van die onderwyser by (Letts *et al.*, 1997:193). Die beredeneringe in 2.2.3.3, 3.4.3.5, 4.2.4.2 en 4.2.6.4 impliseer dat 'n wiskundeonderwyser bepaalde antropologiese, ontologiese, epistemologiese, psigologiese en opvoedkundige kennis nodig het om byvoorbeeld doeltreffende besluite oor relevante leerinhoud, geskikte onderrig-leer-prosedures en -strategieë of die bestuur van die onderrig-leergebeure en die -omgewing te neem.

Akademiese wiskunde

Uit 3.2.2, 3.3.2 en 4.2.4.2 volg dat wiskundeonderwysers onder meer die wiskunde-inhoude en -werkwyses wat hulle onderrig, grondig moet verstaan en vaardig kan gebruik. Hiertoe is grondige akademiese studie van 'verteenwoordigende' inhoud- en proseseksemplare uit die wiskundeterrein, asook van die historiese ontwikkeling daarvan, noodsaaklik. Die eksemplare moet veral geskik wees om die onderwyser se begrip en vaardige gebruik van die skoolwiskundeinhoude te bevorder. Dit spreek vanself dat sodanige eksemplare met sorg aan die hand van toepaslike kriteria gekies moet word ten einde doeltreffende opleidingsinhoud te kan wees (kyk 4.2.3.3). Hoewel voordiens-wiskundeonderwysers die wiskundeterrein moet verken, begrond en verstaan, beteken dit nie dat inhoud wat byvoorbeeld spesifiek vir die gebruik van ingenieurstudente in 'n kursus ingesluit word, noodwendig geskikte en noodsaaklike inhoud vir onderwysstudente is nie. Om dié rede sou dit ook onverantwoordelik wees om universiteitswiskundesillabusse op kollegewiskundesillabusse 'af te druk' net omdat die universiteit die kollegeopleiding modereer.

'n Bloot ensiklopediese benadering tot die terrein van die klassieke wiskunde is dus nie geskik om voordiens-wiskundeonderwysers doeltreffend inhoudmatig vir hulle toekomstige beroep toe te rus nie. Dit impliseer dat voordiens-wiskundeonderwysers in hulle akademiese opleiding ook met wiskunde as dinamies-ontwikkelende en vernuwende dissipline te make sal kry. Dit mag hulle in staat stel om wiskunde in hul onderrig uit 'n 'groei-en-verander'-perspektief te benader (kyk 4.2.3.2). Dit mag ook daartoe bydra dat hulle bemagtig word om toekomstige vernuwing van skool-

wiskundeinhoud te verwerk en te implementeer, sowel as om aktief en wesenlik tot sodanige kurrikulumvernuwing by te dra (Carl, 1995:250,259-260).

Wiskundedidaktiek

Dit is die spesifieke toegespitste opleiding wat voordiens-wiskundeonderwysers met betrekking tot die onderrig en leer van skoolwiskunde ontvang. Hierdie opleiding moet elkeen van hulle met kennis, vaardigheid en ingesteldhede toerus wat hom of haar in staat stel om spesifiek skoolwiskunde sodanig te onderrig dat elke leerder in sy of haar klasse dit doeltreffend en betekenisvol kan leer (kyk 4.2.4.2). Hiertoe moet hulle 'n verskeidenheid onderrig-, interaksie- en evalueringswyses in verskillende kontekse kan gebruik om leerders van verskillende vermoëns en op verskillende ontwikkelingsvlakke in staat te stel om skoolwiskunde op betekenisvolle wyses te leer, te gebruik en in nuwe situasies toe te pas (kyk 4.3).

Die doel is nie om hier 'n gedetailleerde wiskundedidaktiekprogram te ontwikkel nie (kyk 5.1). Die spesifieke perspektiewe, riglyne en kriteria wat in hoofstukke 3 en 4 ontwikkel of gestel is, bied egter 'n geïntegreerde raamwerk of model aan die hand waarvan 'n doeltreffende sodanige progam ontwikkel kan word. Meer besonderhede in hierdie verband volg in die ondersoek en bespreking van die implikasies van die genoemde perspektiewe vir die betrokke didaktiese skoling (kyk 5.3.3.2, 5.3.4 tot 5.3.7, 5.4 en 5.5).

Praktiese onderrig

Voordiens-onderwysersopleiding is die akademiese en professionele voorbereiding van toekomstige praktisyns om hulle beroep doeltreffend te beoefen, uit te bou en te bevorder. Dit impliseer dat doelgerigte geleenthede vir wiskundeonderwysstudente geskep moet word om hulle kennis, vaardighede en ingesteldhede te ontdek, te gebruik, te evalueer en te ontwikkel. Geleentheid vir praktiese onderrig is dus 'n noodwendige en essensiële komponent van onderwysers se voordiens-opleiding, in die besonder van wiskundeonderwysers.

Die bemoontlikingsaard van die opleiding, soos vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief beskou, hou in dat van die praktiese leergeleenthede aanvanklik van 'n tentatiewe eksperimentele of ondersoekende aard sal wees. Dit impliseer dat van hierdie praktiese geleenthede in 'veilige' gesimuleerde omstandighede gebied moet word. Professionele etiek vereis natuurlik dat die eindgebruiker van die onderrig (die skoolleerder) nie aan onbehoorlike, onsekere of moontlike nadelige praktyke blootgestel mag word nie. Die beplanning, ontwerp, aanbieding en evaluering van mikro-

onderriglesse, 'model'-lesse en soortgelyke eksploratiewe onderrigtake vorm dus 'n essensiële deel van voordiens-wiskundeonderwysers se praktiese onderrigprogram.

Daar behoort egter van die voordiens-onderwyser verwag te word om uiteindelik 'n hoë vlak van professionele afronding te demonstreer, wat impliseer dat daar ook leer- en 'toets'-geleenthede in werklike praktiese omstandighede geskep moet word. Praktiese onderrig by skole vorm dus eweneens 'n essensiële en eties noodsaaklike deel van die voordiens-wiskundeonderwyser se praktiese onderrigopleiding.

5.3.3.2 Die samehang van die komponente van die didaktiese skoling

Alvier genoemde opleidingskomponente dra tot die betrokke studente se voordiens-didaktiese skoling by, maar nie in dieselfde mate nie:

- Die *wiskundedidaktiekkomponent* fokus direk op die wiskundeonderwyser se didaktiese handelinge en dra direk tot die wiskundeonderwyser se voordiens-didaktiese skoling by.
- Uit die al onderhoude met die dosente aan die betrokke opleidingsinrigtings in Noordwes blyk dat die *praktiese onderrigkomponent* in 'n 'sambreel'-verband toegepas word. Dit fokus naamlik op die inoefening van algemene didaktiese vaardighede, soos lesontwerp en -beplanning en kommunikasievaardighede, sowel as op praktiese onderrigervaring in die twee of meer skoolvakke waarvoor alle studente voorberei word. Voordiens-wiskundeonderwysers se praktiese onderrig kan dus hoogstens gedeeltelik direk tot hulle didaktiese skoling ten opsigte van skoolwiskunde bydra.
- Die *akademiese wiskundekomponent* is nie op die didaktiese handeling van wiskundeonderwysers in die besonder gefokus nie, maar dit kan tog as 'n onontbeerlike basis en konteks vir die betrokke didaktiese skoling dien (kyk ook Van Tonder & Du Plessis, 1994:260-261). Daar bestaan byvoorbeeld 'n onverbreekbare band tussen die aard van spesifieke leerinhoud wat geleer moet word en die wyse waarop dit geleer en onderrig word (kyk 4.2.4.2). Wiskunde dien ook as die 'voorbeeldruimte' in die wiskundedidaktiek- en praktiese onderrigkomponente van die betrokke didaktiese skoling. Daar behoort egter nie 'n noodwendige direkte verband tussen die akademiese *opleiding*sinhoud en die *skoolwiskunde*inhoud of die *onderrig* en *leer* daarvan veronderstel te word nie, veral nie ten opsigte van sekondêreskoolstudente nie (kyk 5.2.2). Die akademiese wiskundekomponente kan wesenlik, maar indirek tot die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers bydra.

In ooreenstemming met Orion en Thompson (1996:579-580) se bevinding rakende 'n voordiens-didaktiese skolingsprogram vir natuur-en-skeikundeonderwysers, word hier gestel dat die genoemde drie komponente 'n wesenlike bydrae tot die doeltreffende voordiens-didaktiese skoling van die betrokke onderwysers kan maak en dus onontbeerlik in die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers is.

- Die *basiese* of *algemene opvoedkundekomponent* kan egter ook indirek tot die didaktiese skoling bydra. Studente kan byvoorbeeld voldoende kennis van die faktore wat jong kinders se leerhandeling beïnvloed (kyk 4.2.4.3), verwerf om doeltreffende wiskundeleergeleenthede te kan beplan en skep. Verbale en nie-verbale kommunikasievaardighede, wat noodsaaklik vir doeltreffende wiskundeonderrig is (kyk 4.2.4.2), kan ook deur algemene opleiding verbeter word (Henning, 1993:135). In die lig hiervan word hier geargumenteer dat algemene filosofies-opvoedkundige opleiding ook die ontwikkeling van fundamentele ingesteldhede, soos dié teenoor die lerende kind, die leerinhoud en die leer- en leefwêreld (kyk 4.2.4.2) kon bevorder.

Letts *et al.* (1997:193) bevind egter dat navorsing nie eenstemmig oor die impak van algemene opvoedkundeopleiding op onderwysers se uiteindelike onderrigpraktyke is nie. Lieberman (1995:592-594) en Darling-Hammond en McLaughlin (1995:598-600) se argumente dui egter daarop dat 'n algemene opvoedkundeopleiding wat postpositivistiese onderrigpraktyke (kyk 2.2.3 en 3.4.3) ondersteun en met die spesifieke vakkonteks verweef word, 'n positiewe bydrae tot vakonderwysers se voordiensdidaktiese skoling kan maak.

Die fokus is in hierdie gedeelte van die ondersoek hoofsaaklik op die bydrae van die wiskundedidaktiekkomponent van die betrokke didaktiese skoling gerig, hoewel die akademiese wiskundekomponent in die geval van die studente wat 'n geïntegreerde opleiding ontvang het, nie hiervan geskei kan word nie. Die verband met en die invloed van die ander opleidingskomponente op die betrokke studente se voordiensdidaktiese skoling moet egter deurlopend verreken word. In die konteks van hierdie studie as geheel, word die fokus in die besonder op die implikasies van 'n ontologieskontekstuele perspektief vir die wesentrekke van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers gerig.

5.3.4 Die implikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers

5.3.4.1 Oriëntering

In hierdie gedeelte word die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief benader. Die perspektiewe oor doeltreffende wiskundeonderrig waartoe in hoofstukke 2 en 4 gekom is, word hier in 'n toegepaste sin gebruik om kernimplikasies daarvan vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers af te lei.

Sleutelaspekte van die wesenstrekke van die betrokke opleiding ten opsigte waarvan gemotiveerde en beredeneerde response van die betrokke onderriggewers (dosente) verwag is, is by wyse van die onderhoud ondersoek (kyk 5.2.3; Bylae C en D). Inligting oor persone se persepsies oor aspekte van die opleiding is verder by wyse van die vraelys verkry (kyk 5.2.3 en Afdeling C van die vraelys in Bylae A). Die gekose ondersoekitems, sowel as die verkreë resultate van die twee wyses van ondersoek word deurlopend en ter plaatse gemotiveer en bespreek.

Ontleding van die Afdeling C-response toon dat dit hoofsaaklik om die twee middelopsies sentreer, naamlik: Opsie 2 ('Ek verskil') en Opsie 3 ('Ek stem saam'). Dit wil dus voorkom asof die respondente keuses in breë 'vir'- of 'teen'-terme gemaak het, sonder om in verdere of uiterste terme daaroor te dink. Gevolglik word die response hier in twee breë kategorieë van 'verskil' (Opsie 1 en 2) en 'saamstem' (Opsie 3 en 4) saamgevoeg, buiten waar anders vermeld.

Uit die praktisyns se vae, algemene of tentatiewe antwoorde op Item C34, C35 en C36 (kyk Bylae A) wil dit voorkom asof hulle nie op hoogte is met huidige algemene en wiskundedidaktiekopleidingsituasie nie. Van die dertien dienende vakadviseurs, wat deelgeneem het, het vier, wat elkeen 5 jaar of meer ervaring het, dan ook pertinent aangedui dat hulle nie "genoeg kennis het" om akkurate inligting te verskaf nie, terwyl vier vakadviseurs en nege onderwysers geen inligting ten opsigte van Item C34, C35 en/of C36 wou of kon gee nie. Die praktisyns se response mag dus eerder op hulle waarneming en ervaring van beginner-wiskundeonderwysers se bevoegdhede, as op hul kennis van die huidige opleidingsituasie gebaseer wees. In dié sin mag hulle response op 'n betekenisvolle meting van die betrokke opleiding se praktiese impak neerkom. Herinneringe aan hul eie voordiens-didaktiese skoling mag ook die praktisyns se response beïnvloed het, maar in 'n moeilik meetbare mate.

Voormelde situasie dui egter daarop dat daar in Noordwes onvoldoende skakeling en kommunikasie tussen wiskundeonderwysers se voordiens-opleiding en -didaktiese skoling en die betrokke praktisynsvlakke bestaan.

5.3.4.2 Die samehangende aard van die voordiens-opleiding

Die erkenning en verrekening van die *samehang* van die wesentrekke van 'n verskynsel of menslike handeling is 'n kernaspek van 'n ontologies-kontekstuele perspektief (kyk 2.2.3.2, 4.2.1 en 4.3). Vanuit hierdie perspektief moet die samehang van die komponente van die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers dus noodwendig vanuit 'n geheelperspektief beskou en benader word.

'n Eerste oorkoepelende implikasie tree uit voorgaande argumentasie na vore (kyk onderhouditem 1 en 2 in Bylae C): daar behoort 'n hoë mate van kongruensie tussen die aard en die uitkomste van die vier komponente van die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers te wees; anders gestel:

- Die komponente van die opleiding behoort 'n gebalanseerde eenheid te vorm. *(Item 1)*
- Die uitkomste van die komponente behoort bymekaar aansluiting te vind. *(Item 2)*

In aansluiting by voormelde twee onderhouditems, is Item C1, C3, C13 en C34 in Afdeling C van die vraelys bygevoeg om aanvullende inligting in hierdie verband van al die respondente, in die besonder die studente, te kry.

Die volgende drie fiktiewe, maar tog realistiese gevalle dien ter illustrasie van die belang hiervan:

- *Geval 1:* In die basiese opvoedkunde- of 'n ander vakdidaktiekkomponent, word onderrig en leer vanuit 'n konstruktivistiese perspektief begrond en benader (kyk 2.2.3.3), maar die wiskundedidaktiekkomponent word vanuit 'n voorskriftelike kennisoordragperspektief op 'n tradisionele wiskundeonderrig-benadering gebaseer (kyk 2.2.2.3 en 3.4.2.2).
- *Geval 2:* Die onderrig en leer van wiskunde word in die wiskundedidaktiek-komponent vanuit 'n kognitiewe begeleidingsperspektief begrond (kyk 3.4.3.5), maar tydens die praktiese onderrigkomponent word daar van die studente verwag om hoofsaaklik 'n direkte onderriglesplan te volg.
- *Geval 3:* In die wiskundedidaktiekkomponent word skoolwiskunde vanuit 'n ondersoekgerigte of realistiese perspektief benader (kyk 3.4.3.2 en 3.4.3.6);

maar in die akademiese wiskundekomponent word wiskunde formalisties-staties of instrumentalisties benader (kyk 3.2.2.3).

In aldrie gevalle kry studente teenstrydige boodskappe oor die doel, aard, samehang en verloop van wiskundeonderrig en -leer, wat hulle nie kan versoen nie en wat hulle kan verwar. Dit kan daartoe lei dat hulle nie betekenis aan die konsepte *wiskunde-onderrig* en *-leer* kan gee nie, wat weer daartoe kan lei dat hulle wiskundeonderrig op 'n digotomiese wyse van ander onderrig skei of dat hulle hul eie wiskundeonderrig bloot op die voorbeeld van 'n spesifieke onderriggewer modelleer, soos in die geval van Student J (kyk die voorbeeld in 3.2.2.2, asook die bevindinge in 2.2.2.3, 3.3.2.1, 3.4.2.2 en 4.2.3.3 rakende leerders se digotomiese of 'gesplete' vakbelewing).

In aansluiting hierby is dit insiggewend om die response op die vraag in Item A10 te vergelyk (kyk Tabel 5.4):

Tabel 5.4 : Frekwensies en persentasies ten opsigte van rolmodelle vir skoolwiskundeonderrig (Item A10) by studente, dosente en praktisyns

Is daar 'n spesifieke persoon wat u as rolmodel beskou om skoolwiskunde te onderrig?

Respons	Studente [n=366]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
Nee, ek het my eie manier	34 (9,3%)	6 (23,1%)	15 (31,9%)
Nee, 'n kombinasie van persone	79 (21,6%)	9 (34,6%)	13 (27,7%)
Ja, 'n spesifieke wiskunde-onderwyser	96 (26,2%)	5 (19,2%)	4 (8,5%)
Ja, 'n spesifieke onderwyser (nie wiskunde-)	12 (3,3%)	0	0
Ja, 'n spesifieke wiskundedosent	133 (36,3%)	6 (23,1%)	11 (23,4%)
Ja, 'n spesifieke dosent (nie wiskunde-)	12 (3,3%)	0	4 (8,5%)
Totaal	*366 (100%)*	*26 (100%)*	*47 (100%)*

Hiervolgens blyk dat studente, wat die manier waarop hulle skoolwiskunde onderrig betref, sterk afhanklik van 'n 'goeie' voorbeeld is: slegs 9,3% van hulle het tot 'n eie manier gekom, terwyl 90,7% die voorbeeld van een of meer persone navolg;

waarvan 62,5% 'n spesifieke wiskundeonderriggewer navolg, terwyl daar op grond van die lae invloed van nie-wiskunderolmodelle (6,6%) verder geredeneer sou kon word dat 'n beduidende gedeelte van die 'kombinasie van persone' ook wiskunde-voorbeelde insluit.

By dosente en praktisyns is daar 'n beduidende laer afhanklikheid van 'n 'ander' wiskunde-rolmodel as by studente; trouens, onderskeidelik 23,1% en 31,9% van die twee groepe het tot 'n eie wiskundeonderrigstyl gekom. Dit kan moontlik aan meer ervaring van skoolwiskundeonderrig toegeskryf word (kyk Tabel 5.3C en D).

Die sterk invloed van wiskunde-rolmodelle op voordiens-wiskundeonderwysers se onderrigstyl plaas 'n besonder hoë verantwoordelikheid op wiskundedosente (36,3%) en wiskundeonderwysers (26,2%) met betrekking tot die voordiens-didaktiese skoling van toekomstige wiskundeonderriggewers, hetsy in opleidingsinrigting- of in skool-verband tydens die studente se skoolloopbaan en ook hul praktiese onderrig.

Die swak invloed van nie-wiskundevoorbeelde op die drie groepe respondente se wiskundeonderrigbenadering (onderskeidelik 6,6%, 0% en 8,5%) dui moontlik daarop dat oordrag van leerervarings ten opsigte van 'leer-om-te-onderrig' nie in hierdie geval oor vakgrense plaasgevind het nie. Dit mag daarop dui dat wiskundeonderrig en -leer tot 'n hoë mate in isolasie van ander onderrig- en leersituasies en -ervarings beskou word, wat die moontlikheid van die totstandbring van 'n 'gebalanseerde geheel' in die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers grootliks mag beperk (vergelyk ook onderstaande bespreking van die response op onderhouditem 1 en 2 en Item C1 in Tabel 5.5).

Bespreking van die onderhoud- en Afdeling C-resultate

Al die onderhoud-dosente [n=17] het beslis met onderhouditem 1 én 2 saamgestem. Wat *Item 1* betref, was slegs een van mening dat die gewenste eenheid reeds in hul opleidingsprogram bestaan, terwyl vier van mening was dat sodanige eenheid slegs tot 'n mindere mate in hul program voorkom; die ander twaalf het aangedui dat daar *nie* sodanige eenheid by hulle bestaan nie of dat die studente dit nie ervaar nie. Wat *Item 2* betref, het slegs een aangedui dat die betrokke uitkomste in hul program bevredigende aansluiting vind, terwyl nog een aangedui het dat hulle wel probeer om sodanige aansluiting te bewerkstellig; volgens die ander vyftien vind sodanige aansluiting *nie* in hul programme plaas nie en ontbreek doeltreffende kommunikasie, interaksie en skakeling tussen die onderskeie departemente om die gewenste aansluiting te bewerkstellig grootliks. In antwoord op die vraag na wie verantwoordelik is dat die eenheid of aansluiting bewerkstellig word, was die dosente, in die meerder-

heid gevalle na heelwat 'hard-op-dink', uiteindelik redelik eenstemmig dat hulle self, die ander betrokke opleidingspersoneel en die studente hiertoe verantwoordelik is. Matjiane (1997) se respons is tipies in hierdie geval:

> "OK ... this is not an easy question, but ... I think in the first place the people directly responsible for offering this instructions, they should see to it that these things balance. ... Not only from the mathematics department only, but I think that the people in the mathematics department are the main people who should see to that the balance is there between the components. ... I think that even the learners themselves should be sort of encouraged to try and see how [the outcomes] are related."

Dit was opmerklik dat die meerderheid dosente, wat 'n hoë mate van eksterne beheer in hulle werk ervaar het (kyk 5.2.2), geneig was om 'plaaslike' vordering ten opsigte van die eenheid of aansluiting van besluitneming op 'n hoër vlak, soos die onderwysdepartement of die "Institute of Education", afhanklik te stel.

Voordat die Afdeling C-resultate bespreek word, is dit noodsaaklik om eers op die volgende te let:

- Daar moet ingedagte gehou word dat 88,1% van die betrokke wiskunde-onderwysstudente in Noordwes (80,1% van die student-respondente) 'n geïntegreerde kursus gevolg het (kyk 5.2.2 en Tabel 5.1). Van hierdie kursus-inhoud is 30% didaktiese skolingsinhoud en 70% akademiese wiskunde-inhoud (Institute of Education, 1991a&b). Die onderhoud-dosente by daardie inrigtings [n=13] dui egter *eenparig* aan dat slegs sowat 10% van die kursus-tyd aan die didaktiese skolingsinhoud gespandeer word as gevolg van die vol wiskundesillabus wat gedek moet word om aan die modereringsvereistes van die "Institute" [of Education] te voldoen. Die meerderheid studente (77,3%; kyk Tabel 5.1), dosente (84,6%; kyk Tabel 5.2) en praktisyns, wat 'n soort-gelyke opleiding ondergaan het (72,3%; Item A3) se kommentaar oor die betrokke didaktiese skoling mag dus deur hul ervaring en persepsie van die oorwig akademiese wiskunde in die sillabus gekontamineer wees.
- Die voorkoms van die 'onseker'-opsie, asook van 'geen respons'-gevalle is baie beperk: minder as 8% in die 'hoë' gevalle. Daarom word slegs response wat 'n definitiewe standpunt reflekteer, naamlik 1, 2, 3 en 4, hier en verderaan gerapporteer.

- Die Afdedling C-items wat onderskeidelik aan die studente, die dosente en die praktisyns gestel is, is telkens op 'n ekwivalente wyse vanuit die betrokke groep se perspektief geformuleer, sodat die response sover dit moontlik of sinvol is met mekaar vergelyk en in verband gebring kan word.

Item C1, C2, C3, C13 en C34 in Afdeling C van die vraelys toets die mate van koppeling tussen komponente van die voordiens-opleiding, in die besonder tussen die wiskundedidaktiek- en die praktiese onderrigkomponente. Item C1 tot C3 verwoord die hoofsaak, terwyl C13 en C34 as kontrole dien; C34 is by die praktisyns weggelaat aangesien dit vir hulle 'n herhaling van Item C3 is. Die inligting in Tabel 5.5 ten opsigte van Item C1 tot C3 tipeer die resultate in hierdie verband.

Tabel 5.5 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die geheelaard van die opleiding

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C1	1	42 (11,6%)	1 (4,0%)	2 (4,3%)
	2	114 (31,6%)	3 (12,0%)	9 (19,6%)
	3	153 (42,4%)	10 (40,0%)	23 (50%)
	4	32 (8,9%)	9 (36,0%)	10 (21,7%)
Gemiddeld (σ)		***2,65 (0,986)***	***3,32 (0,945)***	***3,02 (0,882)***
C2	1	13 (3,6%)	0	2 (4,3%)
	2	30 (8,3%)	2 (7,7%)	13 (28,3%)
	3	189 (52,1%)	16 (61,5%)	26 (56,6%)
	4	125 (34,4%)	7 (26,9%)	4 (8,7%)
Gemiddeld (σ)		***3,22 (0,767)***	***3,27 (0,667)***	***2,76 (0,767)***
C3	1	10 (2,8%)	1 (3,8%)	7 (15,2%)
	2	56 (15,5%)	10 (38,5%)	15 (32,6%)
	3	202 (55,8%)	12 (46,2%)	18 (39,1%)
	4	88 (24,3%)	3 (11,5%)	6 (13,0%)
Gemiddeld (σ)		***3,07 (0,756)***	***2,65 (0,745)***	***2,50 (0,913)***

Effekgroottes (kyk 5.2.5) lewer geen prakties betekenisvolle verskille tussen die drie groepe se tellings nie ($0,07 \leq d \leq 0,68$). Daar bestaan dus 'n redelike mate van eenstemmigheid by die drie groepe ten opsigte van hul onderskeie uitsprake oor elk van die betrokke items. Tabel 5.5 toon dat die studente, dosente en praktisyns oor die volgende drie sake saamstem:

- *Item C1* (integrale eenheid): Die meerderheid persone in die drie gevalle (onderskeidelik 51,3%, 76% en 71,7%) stem saam dat die komponente van die betrokke opleiding gefragmenteer voorkom en *nie* 'n integrale eenheid vorm nie en bevestig sodoende die onderhoudresultaat in hierdie verband. In vergelyking met die studente (8,9%), stem 'n beduidende persentasie van die ryper en meer ervare dosente (36,0%) en praktisyns (21,7%) ten sterkste hiermee saam.
- *Item C2* (begrip van skoolwiskunde): 'n Groot meerderheid (84,5%) studente en dosente (88,4%) stem saam dat die wiskundekursusse wat die studente volg, hulle begrip van die skoolwiskundeinhoude bevorder. 'n Beduidende persentasie studente en dosente (onderskeidelik 34,4% en 26,9%) stem ten sterkste hiermee saam. Byna twee-derdes van die praktisyns (65,3%) stem ook hiermee saam. Dit dui daarop dat die akademiese wiskundekomponent en die didaktiese skoling mekaar na die oordeel van die proefpersone tot 'n hoë mate aanvul, soos dit hoort (kyk 5.3.3.2).
- *Item C3* (praktykverband): Die meerderheid persone in die drie groepe (onderskeidelik 80,1%, 57,7% en 52,1%) stem saam dat die wiskunde-didaktiek- en praktiese onderrigkomponente sinvol verbind is. In vergelyking met die dosente (11,5%) en die praktisyns (13%), stem 'n beduidende groter persentasie (24,3%) van studente, wat minder ervare en ryp is, ten sterkste hiermee saam.

5.3.4.3 Die intensie van die voordiens-didaktiese skoling

Wiskundeonderwysers se voordiens-didaktiese skoling is professionele praktyk-opleiding wat die voordiens-onderriggewer in staat behoort te stel om te *doen*. Dit behoort hulle dus in staat te stel om kennis, vaardighede en ingesteldhede wat nodig is om skoolwiskunde doeltreffend te kan onderrig, aan te leer en te ontwikkel en doeltreffend in nuwe wiskundeonderrigsituasies toe te pas. Die voordiens-didaktiese skoling van die wiskundeonderwyser behoort dus outentieke en betekenisvolle 'leer-om-wiskunde-doeltreffend-te-onderrig' moontlik te maak (kyk 4.2.2.1).

'n Verdere duidelike implikasie vir die betrokke didaktiese skoling spruit hieruit voort, wat soos volg in die Onderhoudskedule (Bylae C) verwoord is:

- Die doel van die didaktiese skoling behoort te wees om dit vir studente moontlik te maak om **self** toepaslike en doeltreffende onderrig-, leer- en evalueringswyses vir skoolwiskunde te ontdek en te ontwikkel, eerder as om

spesifieke voorgeskrewe werkwyses (soos strategieë, metodes en tegnieke) aan hulle oor te dra. *(Item 5)*

Netsoos die onderrig en leer van skoolwiskunde vir die leerder blywende betekenis moet inhou deurdat dit help om die individu vir die lewe na skool voor te berei (kyk 4.2.2.3), moet die wiskundeonderwyser se voordiens-didaktiese skoling na afloop daarvan 'segswaarde' hê en behou. Die skoling behoort dus tot die ontwikkeling van 'n professionele ingesteldheid, wat die onderwyser op die langtermyn in staat stel om op 'n volgehoue basis doeltreffende wiskundeonderrig te gee, by te dra. Voormelde strategieë, vaardighede en houdings behoort dus te help om die wiskundeonderwys-student voor te berei om 'n selfstandige, reflekterende en krities-denkende wiskunde-onderwyser te word (kyk 5.3.1). Dit lei tot die volgende onderhouditem (kyk Bylae C):

- Die didaktiese skolingsprogram behoort spesifiek daarop gemik te wees om studente 'n ingesteldheid van lewenslange leer, navorsing en probleem-oplossing te laat ontwikkel. *(Item 12)*

Bespreking van die onderhoud- en Afdeling C-resultate

Dertien onderhoud-dosente het beslis met Item 5 saamgestem; die ander vier het slegs gedeeltelik saamgestem, want hulle is oortuig dat dosente eers 'n sekere basis van metodes en strategieë moet verskaf voordat studente self eie metodes en strategieë sal kan ontdek en ontwikkel. Sestien dosente het beslis met Item 12 saamgestem, hoewel vyf pertinent aangedui het dat die doel slegs haalbaar is as die studente hul verantwoordelikheid in hierdie verband nakom. Een was van mening dat lewenslange leer, probleemoplossing en navorsing lewensingesteldhede is wat *nie* deur didaktiese skoling ontwikkel kan word nie, maar wel daardeur geïnspireer kan word. Slegs die drie respondente by die 'EMSCEP-kollege' (kyk 5.2.2) was van mening dat die intensie, wat in Item 5 en 12 vervat is, tans bevredigend in hulle program ten uitvoer gebring word. Die ander respondente was egter oortuig dat dit tans in 'n geringe mate of glad nie in hul programme gebeur nie; in laasgenoemde geval het vyf aangedui dat dit gebeur deurdat sekere metodes en strategieë, en geleentheid om dit te gebruik en in te oefen aan studente 'gegee' word.

Ten opsigte van wat gedoen kan word om die intensie vervat in Item 5 en 12 meer doeltreffend ten uitvoer te bring, het twaalf respondente aangedui dat die opleidings-metodes ten gunste van 'nuwe' metodes verander behoort te word sodat studente meer geleentheid tot ondersoek, ontdekking en probleemoplossing kan kry; vyf was egter onseker oor wat gedoen kan word of wie daarvoor verantwoordelik is. Die Respondente [n=13] wat by geïntegreerde opleiding betrokke is (kyk 5.2.2), was

eenstemmig dat meer tyd as tans op die rooster vir didaktiese skoling beskikbaar gestel moet word. Tien respondente, van verskillende kolleges, is oortuig dat die studente, veral die primêreskoolstudente, se 'negatiewe' ingesteldheid teenoor wiskunde en die aktiwiteite wat in hierdie twee items gesuggereer word, 'n struikelblok in hierdie verband is.

Item C4, C8 tot C10, C17, C21 en C32 fokus op voormelde aspekte van die intensie of doel van wiskundeonderwysers se voordiens-didaktiese skoling. Tabel 5.6 vat die response op hierdie items saam.

Effekgroottes bevestig weereens dat daar nie prakties betekenisvolle verskille by die groepe voorkom nie ($0,06 < d < 0,60$); daar is dus redelike ooreenstemming by hulle oor die betrokke sake. Vergelyking van responsfrekwensies en -persentasies bring egter die volgende aan die lig:

- *Item C4* (kennis): 'n Meerderheid dosente (53,8%) en praktisyns (57,4%) stem saam dat voordiens-wiskundeonderwysers aan die einde van hulle opleiding nie voldoende teoretiese kennis van die onderrig en leer van skoolwiskunde het om onderrig- en leerprobleme in hulle klasse op te los nie. Die studente is egter hieroor feiltik gelyk verdeel: 49,7% stem saam, teenoor 48,9% wat verskil; hulle gebrek aan praktiese ervaring van skoolwiskundeonderrig (kyk Tabel 5.3C) verklaar die labiliteit waarskynlik in 'n groot mate.
- *Item C8* (houding): 'n Groot meerderheid respondente (onderskeidelik 78,3%, 76,9% en 68,1%) verskil daarvan dat die betrokke opleiding studente se houding teenoor wiskunde eerder negatief as positief beïnvloed; byna eenderde studente (31,1%) en beduidende persentasies dosente (19,2%) en praktisyns (25,5%) is baie beslis hieroor.

  Dit hou 'n positiewe implikasie vir die opleiding in, veral in die lig van die onderhoud-dosente se voormelde waarneming dat studente met 'n 'swak' ingesteldheid teenoor wiskunde by kolleges aankom en dat veral primêreskoolstudente se houding in die algemeen nie wesenlik tydens die opleiding verbeter nie.

Tabel 5.6 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die doel van die didaktiese skoling

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C4	1	41 (11,3%)	1 (3,8%)	11 (23,4%)
	2	136 (37,6%)	10 (38,5%)	9 (19,1%)
	3	138 (38,1%)	11 (42,3%)	22 (46,8%)
	4	42 (11,6%)	3 (11,5%)	5 (10,6%)
Gemiddeld (σ)		***2,54 (0,890)***	***2,73 (0,874)***	***2,45 (0,974)***
C8	1	112 (31,1%)	5 (19,2%)	12 (25,5%)
	2	170 (47,2%)	15 (57,7%)	20 (42,6%)
	3	46 (12,8%)	3 (11,5%)	10 (21,3%)
	4	27 (7.5%)	1 (3,8%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***2,01 (0,931)***	***2,23 (1,070)***	***2,21 (1,041)***
C9	1	7 (1,9%)	1 (3,8%)	6 (12,8%)
	2	42 (11,6%)	7 (26,9%)	16 (34%)
	3	190 (52,5%)	13 (50%)	16 (34%)
	4	115 (31,8%)	3 (11,5%)	7 (14,9%)
Gemiddeld (σ)		***3,21 (0,747)***	***2,92 (0,935)***	***2,64 (1,031)***
C10	1	21 (5,8%)	2 (7,7%)	3 (6,4%)
	2	93 (25,8%)	11 (42,3%)	12 (25,5%)
	3	188 (52,1%)	12 (46,2%)	27 (57,4%)
	4	52 (14,4%)	1 (3,8%)	5 (10,6%)
Gemiddeld (σ)		***2,81 (0,823)***	***2,46 (0,706)***	***2,72 (0,743)***
C17	1	12 (3,3%)	1 (3,8%)	4 (8,5%)
	2	65 (18,1%)	8 (30,8%)	19 (40,4%)
	3	198 (55%)	13 (50%)	18 (38,3%)
	4	78 (21,7%)	3 (11,5%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***3,01 (0,780)***	***2,81 (0,849)***	***2,51 (0,843)***
C21	1	8 (2,2%)	1 (4%)	5 (10,9%)
	2	70 (19,5%)	6 (23,1%)	16 (34,8%)
	3	212 (59,1%)	14 (53,8%)	22 (47,8%)
	4	60 (16,7%)	1 (3,8%)	2 (4,3%)
Gemiddeld (σ)		***2,98 (0,843)***	***2,96 (0,978)***	***2,52 (0,836)***
C32	1	10 (2,8%)	1 (3,8%0	8 (17,4%)
	2	50 (13,9%)	4 (15,4%)	15 (32,6%)
	3	217 (60,3%)	17 (65,4%)	18 (39,1%)
	4	79 (21,9%)	2 (7,7%)	4 (8,7%)
Gemiddeld (σ)		***3,05 (0,716)***	***3,00 (0,849)***	***2,46 (0,959)***

- *Item C9* (vaardighede): 'n Groot meerderheid studente (84,3%) stem saam dat hulle wiskundedidaktiekopleiding hulle met die vaardighede toegerus het om hulle wiskundeklasse doeltreffend te bestuur, terwyl 'n meerderheid dosente (61,5%) met hulle saamstem. Praktisyns is egter hieroor verdeel: 48,9% stem saam, teenoor 46,8% wat verskil. Studente se lae vlak van praktiese ervaring van skoolwiskundeonderrig (kyk Tabel 5.3C), mag egter daartoe lei dat hulle en hul dosente 'n onrealistiese hoë verwagting van hulle vaardigheid in hierdie verband koester.

- *Item C10 en C17* (geleentheid tot ontdekking en ontwikkeling): 'n Groot meerderheid studente stem saam dat die wiskundedidaktiekopleiding voldoende geleentheid bied om 'n verskeidenheid toepaslike wiskundeonderrig- en -leerstrategieë te ontdek en te ontwikkel (onderskeidelik 66,5% en 76,7%). 'n Meerderheid dosente (61,5%) stem ten opsigte van leerstrategieë saam, maar ten opsigte van onderrigstrategieë is hulle gelyk verdeel. 'n Meerderheid praktisyns (68%) stem ten opsigte van onderrigstrategieë saam, maar hulle is redelik gelyk verdeel ten opsigte van leerstrategieë: 48,9% verskil, teenoor 44,7% wat saamstem.

  Die studente slaan dus die impak van hul didaktiese skoling ten opsigte van hierdie twee essensiële aspekte hoog aan, terwyl hulle opleiers (dosente) en die persone wat hulle in die praktyk waarneem, konflikterende beskouings hieroor het. Dit impliseer dat studente moontlik die impak van die betrokke opleiding oorskat, maar dit mag ook 'n mate van inkongruensie tussen die opleidings- en praktykvlak suggereer.

- *Item C21 en C32* (doelbereiking): 'n Groot meerderheid studente stem saam dat hulle die doelstellings van hulle wiskundedidaktiekopleiding bereik het en dat die betrokke opleiding hulle gehelp het om bekwame wiskundeleerders en -probleemoplossers te word (onderskeidelik 75,8% en 82,2%); beduidende persentasies van hulle stem ten sterkste hiermee saam (onderskeidelik 16,7% en 21,9%). Dosente stem ook saam, maar nie in dieselfde hoë mate nie (onderskeidelik 57,6% en 73,1%), sonder beduidende persentasies wat ten sterkste saamstem.

  Die meerderheid praktisyns (52,1%) stem saam dat die (deur hulle verwagte) doelstellings van die wiskundedidaktiekopleiding bereik word, maar weinig (4,3%) stem ten sterkste hiermee saam. Die helfte van hulle stem egter saam (10,9% ten sterkste) dat die opleiding *nie* help om studente bekwame

wiskundeleerders en -probleemoplossers te maak nie, teenoor 47,8% wat dink dat dit wel die geval is.

Effekgroottes toon in hierdie verband dat opleidingsvlak- en praktykvlak-response met medium tot groot effek verskil ($0,5 \leq d \leq 0,8$). Die mate van doelbereiking word dus vanuit 'n 'instituut'-perspektief matig tot prakties betekenisvol meer positief beoordeel as vanuit 'n praktykperspektief. Die bespreking rondom Tabel 5.7 versterk hierdie indruk nog verder. Dit hou 'n negatiewe implikasie vir die praktykrelevansie van die betrokke opleiding in:

Vanweë die lae vlak van skakeling tussen die opleidings- en die praktykvlak (kyk 5.3.4.1) mag studente en dosente hierdie twee sake in 'n akademiese en enigsins kunsmatige 'insituut'-gebaseerde verband beoordeel het. Dit kon tot die diskrepans tussen die menings van persone op die opleidings- en die praktykvlak bydra. Regstelling hiervan mag die praktykrelevansie van die opleiding verhoog.

Oorhoofs beskou, het die voordiens-wiskundedaktiekopleiding ten doel om die betrokke studente hoofsaaklik professioneel vir hulle wiskundeonderrigtaak voor te berei, hoewel dit ook tot die akademies afronding van die studente kan bydra. In aansluiting by voorgaande is Item C29 en C30 op die persepsies rakende die mate waarin hierdie twee breë doelstellings bereik is, gerig (kyk Tabel 5.7).

Tabel 5.7 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die akademiese en professionele doel van die didaktiese skoling

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C29	1	98 (27,2%)	2 (7,7%)	6 (12,8%)
	2	145 (40,3%)	15 (57,7%)	18 (38,3%)
	3	80 (22,2%)	6 (23,1%)	14 (29,3%)
	4	35 (9,7%)	2 (7,7%)	7 (14,9%)
Gemiddeld (σ)		***2,16 (0,954)***	***2,42 (0,902)***	***2,60 (1,035)***
C30	1	14 (3,9%)	1 (3,8%)	4 (8,5%)
	2	42 (11,6%)	4 (15,4%)	10 (21,3%)
	3	170 (47,1%)	18 (69,2%)	24 (51,1%)
	4	128 (35,5%)	2 (7,7%)	8 (17%)
Gemiddeld (σ)		***3,20 (0,816)***	***2,92 (0,744)***	***2,83 (0,892)***

die skoolwiskundeonderrigpraktyk betekenis kan gee. Hulle was eenstemmig dat 'n 'goeie' balans tussen teorie en praktyk noodsaaklik is. Kollegedosente wat by geïntegreerde opleiding betrokke is, het aangedui dat daar tans "teveel teorie" aangebied word en nie genoeg tyd vir vakspesifieke praktiese oefening is nie. Dié wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus oor vier jaar aanbied, was redelik tevrede met die mate van balans wat in hulle program bereik is. Mikro-onderwys bied in die meerderheid van die gevalle waardevolle geleentheid tot praktiese inoefening.

Wat die hoogste vlak van wiskundeleer betref, het vyf dosente, waarvan vier by een kollege is, aangedui dat die huidige graad 9/10-vlak voldoende vir die primêreskoolstudente is, maar dan moet hulle die skoolwiskunde goed verstaan en vaardig kan gebruik. Die res [n=12] het beslis aangedui dat studente, ook primêreskoolstudente, 'hoër' wiskunde nodig het om 'n breër en 'sterker' basis vir konseptuele begrip, insig en vaardigheid te verwerf. Die meerderheid dosente het herhaaldelik gesuggereer dat die meerderheid primêreskoolstudente, wat tans opgelei word, nie in staat is om die betrokke wiskundeinhoud bevredigend te bemeester nie en dat "the human material we take for [mathematics] teacher training should be improved", soos een dit gestel het. In hierdie verband stel Matjiane (1997) dat hierdie probleem nie sonder 'n werkende vennootskap tusen die opleiding- en skoovlak opgelos kan word nie, as hy sê: "[Colleges] need the assistance of schools and [mathmatics] teachers to identify 'positive' students to enroll for study in mathematics."

Al die onderhoud-dosente ondersteun die gedagte dat studente se algemene én wiskundetaal- en -kommunikasievermoë ontwikkel moet word, soos in 4.2.4.2 en 4.2.5.2 bepleit is. Op twee na het die kollegerespondente, wat by tweedetaalonderrig betrokke is [n=14], eenparig aangedui dat die kommunikasiesituasie aldaar *nie* bevredigend is nie, hoofsaaklik omdat die studente se Engelsvaardigheid gebrekkig is; daarby kry hulle ook te min geleentheid om hul wiskundetaal- en –kommunikasievaardighede prakties te oefen. Dosente, wat aparte en intensiewe eerstetaalwiskundedidaktiekkursusse aanbied [n=3], het geoordeel dat die kommunikasiesituasie in hulle geval bevredigend is. Dit ondersteun die 'ander' dosente se pleidooie dat studente 'genoeg' oefengeleentheid in hierdie verband benodig, maar dit mag ook aandui dat eerstaalgebruikers in hierdie verband en op hierdie vlak 'n voordeel bo tweedetaalgebruikers het.

Item C5 fokus op die praktykrelevansie van die voordiens-didaktiese skolingsinhoud; die response in hierdie verband word in Tabel 5.8 saamgevat.

Die drie groepe respondente is weereens redelik eenstemmig oor die twee sake ($0,10 \leq d \leq 0,42$); die volgende verdien egter vermelding:

- *Item C29* (akademiese doel): Sowat twee-derdes (67,5%) van die studente (27,2% ten sterkste) en die dosente (65,4%) stem nie saam dat die studente akademies swak opgelei is nie; net meer as die helfte van die praktisyns (51,1%) gaan hiermee akkoord, terwyl 44,2% van hulle saamstem dat die studente akademiese swak opgelei is, teenoor 31,9% van die studente en 30,8% van die dosente wat saamstem. Persentasiegewys is die persepsie van die gehalte van studente se akademiese opleiding op praktykvlak dus beduidend minder positief as dié op opleidingsvlak.
- *Item C30* (professionele doel): 'n Groot meerderheid (82,6%) studente (met 35,5% ten sterkste), dosente (76,9%) en praktisyns (68,1%) stem saam dat studente professioneel goed opgelei is vir hulle taak. Byna 'n derde van die praktisyns (29,8%) verskil egter hiermee, teenoor 15,5% van die studente en 19,2% van die dosente.

5.3.4.4 Die inhoud van die voordiens-didaktiese skoling

Die spesifieke didaktiese skolingsinhoude behoort, soos enige ander leerinhoud, as beste instrument tot doelbereiking benader te word (kyk 4.2.3.1). Hiertoe behoort die inhoude vanuit 'n geheelperspektief gekies en georden te word. Aangesien die voordiens-didaktiese skolingsinhoude 'n sleutelrol met betrekking tot voornemende wiskundeonderwysers se professionele toerusting moet speel, moet dit ook 'n hoë praktiese toepassingwaarde vir die betrokke studente hê. Hulle moet dit uiteindelik tot gebruikskennis, -vaardigheid en -ingesteldheid verwerk wat hulle in nuwe of problematiese onderrig-leersituasies in hul klasse kan gebruik. Dit impliseer die volgende kernvereistes ten opsigte van wiskundeonderwysstudente se voordiens-didaktiese skolingsinhoud:

- Die student moet op 'n begronde wyse daaraan kan betekenis gee om sy of haar praktyk daarvolgens te verantwoord en te rig (vergelyk die kriteria wat in 4.2.3.2 en 4.2.3.3 gestel word en die argument in 4.3). Daar moet dus 'n geskikte balans tussen teorie en praktyk wees. Daar behoort byvoorbeeld nie op 'n pragmatiese wyse met die blote memorisering en indril van geykte praktiese prosedures volstaan te word nie, sonder dat studente verstaan waarom, wanneer en hoe hierdie prosedures gebruik kan word nie. Die volgende onderhouditem 'toets' hierdie gedagte by die implementeerders (dosente) van die didaktiese skolingsinhoud (kyk Bylae C):

> In plaas van teorie oor die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde, het studente eerder baie praktiese oefening daarin nodig. *(Item 4)*

- Die inhoud moet praktykrelevant wees - dit moet nie kennis ter wille van kennis wees nie. Studente, dosente en praktisyns behoort dit as relevant te ervaar. Item C5 (kyk Bylae A) is spesifiek hierop gerig.

- Dit moet bydra tot die ontwikkeling van toepaslike kennis, vaardighede en ingesteldhede wat die student in staat stel om skoolwiskunde doeltreffend te kan onderrig (kyk 4.2.4.2). In die vraelys is Item C6, C7, C14, C18 en C22 spesifiek op die kenniskomponent van die didaktiese skolingsinhoude gerig, Item C12, C16 en C27 op die vaardigheidkomponent en Item C24, C25, C26 en C28 op die twee komponente in samehang. Item A9 tot A12 (kyk 5.3.4.2), Item C8 (kyk 5.3.4.3) en Afdeling B (kyk 5.4) is op die ingesteldheidkomponent gerig.

- Dit moet die student verder spesifiek toerus om skoolwiskundeinhoude in 'n breër as die skoolwiskundekurrikulumverband te bemeester en te verstaan; dit geld ook die taalaspekte wat by wiskunde en wiskundeonderrig en –leer betrokke is. Hiertoe is die volgende twee items vir gesprek met die dosente in die onderhoud ingesluit (kyk Bylae C):

  > Tydens hulle opleiding hoef studente nie veel meer wiskunde-inhoude te bestudeer nie as die skoolwiskunde-inhoude wat hulle gaan onderrig nie - solank hulle dit net baie goed bemeester en verstaan. *(Item 8)*

  en:

  > Die didaktiese skolingsprogram behoort spesifiek daarop gemik te wees om studente se algemene en wiskundige kommunikasievaardighede tot 'n hoë vlak te laat ontwikkel. *(Item 13)*

- Ten einde aan voormelde vereistes te voldoen, moet die didaktiese skolingsinhoud ook 'kruis-kurrikulêr' met die ander opleidingsinhoude gekoppel wees (kyk 5.3.3.2). Die bespreking in 5.3.4.1 dek hierdie aspek reeds voldoende.

Bespreking van die onderhoud- en Afdeling C-resultate

Die onderhoud-dosente het oor die algemeen aangedui dat studente nie net praktiese oefening nodig het nie, maar ook relevante en resente teorie waaraan hulle in

Tabel 5.8 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die praktykrelevansie van die didaktiese skolingsinhoud

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C5	1	12 (3,3%)	0	4 (8,5%)
	2	41 (11,3%)	6 (23,1%)	10 (21,3%)
	3	205 (56,6%)	15 (57,7%)	20 (42,6%)
	4	101 (27,9%)	5 (19,2%)	12 (25,5%)
Gemiddeld (σ)		***3,12 (0,739)***	***2,96 (0,662)***	***2,91 (0,952)***

Effekgroottes (d < 0,3) toon dat die drie groepe se response oor hierdie saak met klein effek verskil. 'n Groot meerderheid van elke groep (onderskeidelik 84,5%, 76,9% en 68,1%) stem dan ook saam dat die wiskundedidaktiekinhoude wat die studente geleer het, toepaslik, relevant en sinvol is; hiervan stem beduidende persentasies ten sterkste saam (onderskeidelik 27,9%, 19,2% en 25,5%). Dit dui op 'n positiewe implikasie met betrekking tot die praktykrelevansie van die didaktiese skolingsinhoud. Die voormelde moontlike kontaminerende invloed van die oorwig akademiese wiskundeinhoude in die geïntegreerde kursus (kyk 5.3.4.2) mag die geldigheid en betroubaarheid van hierdie resultaat vermoedelik beperk.

Item C6, C14 en C18 is op spesifieke aspekte van die kenniskomponent van die voordiens-didaktiese skoling gerig; die resultate ten opsigte hiervan word in Tabel 5.9 aangedui.

Effekgroottes toon weereens geen prakties betekenisvolle verskille tussen die onderskeie responsgroepe nie, maar die volgende verdien in hierdie verband aandag:

- *Item C6* (kennisoordrag): 'n Groot meerderheid studente (79,4%) huldig die tipiese tradisionele beskouing dat oordrag van spesifieke wiskundekennis die sentrale taak van die wiskundeonderwyser is (kyk 2.3.4 en 4.2.2.1) en 'n groot meerderheid praktisyns (82,9%) stem hiermee saam, met beduidende persentasies (onderskeidelik 32,3% en 25,5%) wat ten sterkste saamstem. Hoewel 'n meerderheid dosente ook saamstem (65,4% met geeneen wat ten sterkste saamstem nie), is die verskille tussen hulle en die studente (d = 0,7) en die praktisyns (d = 0,67) egter van (hoë) medium effek en byna prakties betekenisvol.

Hierdie resultaat dui aan dat 'n beperkende *voorskriftelike oordragbeskouing* oor skoolwiskundeonderrig ("teaching by imposition") steeds tot 'n hoë mate as ideaal vir die praktyk in Noordwes beskou word (kyk 2.3.4).

Tabel 5.9 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die kenniskomponent van die didaktiese skolingsinhoud

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C6	1	12 (3,3%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
	2	53 (14,8%)	7 (26,9%)	5 (10,6%)
	3	169 (47,1%)	17 (65,4%)	27 (57,4%)
	4	116 (32,3%)	0	12 (25,5%)
Gemiddeld (σ)		***3,16 (0,825)***	***2,58 (0,643)***	***3,11 (0,787)***
C14	1	28 (7,8%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
	2	155 (43,2%)	11 (42,3%)	12 (25,5%)
	3	133 (37%)	12 (46,2%)	23 (48,9%)
	4	36 (10%)	1 (3,8%)	10 (21,3%)
Gemiddeld (σ)		***2,55 (0,850)***	***2,46 (0,706)***	***2,87 (0,797)***
C18	1	12 (3,3%)	1 (3,8%)	5 (10,6%)
	2	104 (28,9%)	9 (34,6%)	30 (63,8%)
	3	198 (55%)	12 (46,2%)	9 (19,1%)
	4	40 (11,1%)	3 (11,5%)	2 (4,3%)
Gemiddeld (σ)		***2,79 (0,746)***	***2,77 (0,863)***	***2,23 (0,786)***
C22	1	15 (4,2%)	1 (3,8%)	1 (2,1%)
	2	89 (24,7%)	5 (19,2%)	12 (25,5%)
	3	210 (58,3%)	14 (53,8%)	26 (55,3%)
	4	36 (10%)	4 (15,4%)	8 (17%)
Gemiddeld (σ)		***2,83 (0,774)***	***3,04 (0,916)***	***2,87 (0,711)***

- *Item C14* (teoretiese basis): 'n Meerderheid (51%) studente is van mening dat hulle wiskundedidaktiek nie te teoreties is nie en dosente is gelyk verdeel oor die saak. 'n Groot meerderheid praktisyns (70,2%) stem egter saam dat dit wel die geval is, met 'n beduidende persentasie (21,3%) wat ten sterkste saamstem. Die opleiers (dosente) en praktisyns verskil met medium effek oor hierdie sleutelaspek (d = 0,51). Hierdie resultaat dui verder op 'n diskrepans tussen die opleidings- en praktykvlak oor die praktykrelevansie van die betrokke opleiding.

- *Item C18* (wiskundeleer): 'n Meerderheid studente (66,1%) en dosente (57,7%) stem saam dat die studente verstaan hoe skoolwiskunde geleer word. 'n Groot meerderheid praktisyns (74,4%) verskil egter met medium effek van die dosente (d = 0,63) en op 'n byna prakties betekenisvolle vlak van die studente (d = 0,71). Laasgenoemde resultaat dra verder daartoe by dat die oënskynlike positiewe persepsie oor die praktykrelevansie van didaktiese skoling (kyk Tabel 5.8 en die bespreking daarna) verder onder verdenking is.
- *Item C22* (historiese ontwikkeling van wiskunde): 'n Groot meerderheid studente (68,3%), dosente (69,2%) en praktisyns (72,3%) bevestig dat die betrokke opleiding die studente nie tot begrip van die historiese ontwikkeling van wiskunde as menslike handeling bring nie (kyk 4.2.4.2 en 4.2.6.3). Dit impliseer 'n besliste leemte in die betrokke opleiding.

Items C12, C16, C19, C23, C27 en C28 is spesifiek op studente se vaardigheid met betrekking tot die leertoestande en -konteks in skoolwiskundeklasse gemik. Die frekwensies, persentasies en gemiddeldes van die response op hierdie items word in Tabel 5.10 aangedui.

Effekgroottes toon prakties betekenisvolle verskille oor kernaspekte van die vaardigheidkomponent van wiskundeonderwysers se voordiens-didaktiese skoling tussen die persone in opleidingsituasie en dié in die praktyksituasie. Hierdie resultaat sluit by voormelde diskrepans met betrekking tot die teoretiese basis van die betrokke opleiding aan (kyk Tabel 5.9, Item C14), asook by die vermoede rakende die praktykrelevansie van die opleiding (kyk Tabel 5.8 en die bespreking daarna, asook Tabel 5.9, Item C18).

- *Item C12* (onderrig aan alle leerders): 'n Groot meerderheid studente (74,4%, met 23,6% ten sterkste) stem saam dat hulle skoolwiskunde doeltreffend aan alle leerders kan onderrig, ongeag individuele verskille. Daarteenoor verskil 'n groot meerderheid dosente (69,2%) en praktisyns (68,1%) *prakties betekenisvol* hiervan (in beide gevalle: d = 0,93). Dit dui daarop dat studente moontlik hul vaardigheid om skoolwiskunde te midde van individuele verskille doeltreffend te onderrig, oorskat of die kompleksiteit van skoolwiskundeonderrigleersituasies onderskat. Die gebrek aan praktiese blootstelling aan die klassituasie mag ook hiertoe bydra (kyk Tabel 5.3C).
- *Item C16* (skep van 'n leeromgewing): 'n Groot meerderheid studente (86,7%, met 33,9% ten sterkste) is van mening dat hulle in staat is om 'n doeltreffende

leeromgewing vir skoolwiskunde te skep. 'n Meerderheid dosente (53,8%) en praktisyns (59,6%) stem saam, maar sowat een-derde van hulle is van mening dat dit nie die geval is nie (onderskeidelik 34,6% en 31,9%). Hierdie resultaat dui verder daarop dat studente hulle eie onderrigvaardigheid mag oorskat of die kompleksiteit van die skoolwiskundeklasgebeure onderskat.

- *Item C19* (gebruik van 'n realistiese probleemkonteks): 'n Groot meerderheid studente (81,7%) is van mening dat hulle in staat is om realistiese probleemsituasies te gebruik om doeltreffende leer van skoolwiskunde moontlik te maak. Die helfte van die dosente en 'n meerderheid praktisyns (56,3%) verskil egter daarvan; die verskille tussen die studente en dosente is van klein effek (d = 0,43), maar dié tussen die studente en die praktisyns is prakties betekenisvol (d = 0,92).

  Dus wil dit voorkom asof studente hul praktiese vaardigheid om die realistiese probleemkonteks in skoolwiskunde doeltreffend te gebruik, oorskat. Studente se geringe mate van voordiens-blootstelling aan die praktiese wiskunde-onderrigsituasie en die hoë mate van blootstelling aan akademiese wiskunde-inhoude in die geïntegreerde kursus mag 'n sleutelbydrae hiertoe lewer. Die *praktiese implementering* van hierdie sleutelaspek van doeltreffende skoolwiskundeonderrig behoort dus spesifieke aandag tydens die voordiens-didaktiese skoling te kry.

- *Item C23* (die onderrig van leerstrategieë): 'n Groot meerderheid studente (85,6%, met 24,3% ten sterkste) stem saam dat hulle in staat is om leerders te help om 'n verskeidenheid leerstrategieë vir skoolwiskunde te ontwikkel. 'n Meerderheid dosente (57,7%, met 19,2% ten sterkste) stem hiermee saam, maar die praktisyns is gelyk verdeel oor hierdie sleutelaspek van studente se didaktiese skoling. Die verskil tussen studente en praktisyns se response is egter byna prakties betekenisvol (d = 0,77), terwyl studente en dosente se response min verskil (d = 0,14). Die persone in die opleidingsituasie mag dus die studente se vaardigheid om hierdie kernfunksie van doeltreffende skoolwiskundeonderrig te implementeer, matig oorskat.

Tabel 5.10 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van vaardigheidkomponent van die didaktiese skolingsinhoud met betrekking tot die leertoestande en -konteks in wiskundeklasse

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C12	1	15 (4,2%)	3 (11,5%)	7 (14,9%)
	2	69 (19,2%)	15 (57,7%)	25 (53,2%)
	3	183 (50,8%)	7 (26,9%)	12 (25,5%)
	4	85 (23,6%)	1 (3,8%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***3,00 (0,828)***	***2,23 (0,710)***	***2,23 (0,786)***
C16	1	4 (1,1%)	1 (3,8%)	3 (6,4%)
	2	40 (11,1%)	9 (34,6%)	15 (31,9%)
	3	190 (52,8%)	11 (42,3%)	22 (46,8%)
	4	122 (33,9%)	3 (11,5%)	6 (12,8%)
Gemiddeld (σ)		***3,23 (0,699)***	***2,85 (0,967)***	***2,72 (0,852)***
C19	1	7 (1,9%)	2 (7,7%)	9 (10,6%)
	2	51 (14,2%)	11 (42,3%)	21 (45,7%)
	3	231 (64,2%)	10 (38,5%)	12 (26,1%)
	4	63 (17,5%)	3 (11,5%)	4 (8,7%)
Gemiddeld (σ)		***3,04 (0,696)***	***2,62 (0,983)***	***2,24 (0,874)***
C23	1	10 (2,8%)	1 (3,8%)	3 (6,5%)
	2	38 (10,5%)	8 (30,8%)	20 (43,5%)
	3	222 (61,3%)	10 (38,5%)	19 (41,3%)
	4	88 (24,3%)	5 (19,2%)	4 (8,7%)
Gemiddeld (σ)		***3,10 (0,702)***	***2,96 (0,999)***	***2,52 (0,752)***
C27	1	9 (2,5%)	0	8 (17,0%)
	2	55 (15,4%)	4 (15,4%)	24 (51,1%)
	3	202 (56,4%)	17 (65,4%)	12 (25,5%)
	4	87 (24,3%)	2 (7,7%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***3,07 (0,742)***	***3,15 (0,834)***	***2,21 (0,806)***
C28	1	13 (3,6%)	2 (7,7%)	9 (19,1%)
	2	91 (25,3%)	9 (34,6%)	19 (40,4%)
	3	173 (48,1%)	8 (30,8%)	10 (21,3%)
	4	66 (18,3%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
Gemiddeld (σ)		***2,95 (0,877)***	***2,96 (1,248)***	***2,55 (1,282)***
C33	1	6 (1,7%)	1 (3,8%)	9 (19,1%)
	2	44 (12,2%)	5 (19,2%)	19 (40,4%)
	3	220 (60,9%)	17 (65,4%)	16 (34%)
	4	86 (23,8%)	3 (11,5%)	1 (2,1%)
Gemiddeld (σ)		***3,11 (0,686)***	***2,85 (0,675)***	***2,32 (0,958)***

- *Item C27* (kommunikasie): 'n Groot meerderheid studente (80,7%, met 24,3% ten sterkste) stem saam dat hul voordiens-didaktiese skoling hulle gehelp het om hul algemene en wiskundekommunikasie tot 'n hoë vlak te verbeter. In weerwil van die onderhouddosente se beoordeling van die situasie, stem 'n groot meerderheid dosente (74,1%), hiermee saam. Praktisyns verskil egter op 'n *prakties betekenisvolle* vlak van die studente (d = 1,07) én die dosente (d = 1,13). Hierdie resultaat dui verder op 'n moontlike leemte rakende die betrokke opleiding se praktykrelevansie en die voorsiening van voldoende doeltreffende geleenthede om hierdie noodsaaklike vaardighede te ontwikkel.

- *Item C28* (multi-kulturele onderrig): Byna twee-derdes van die studente (66,4%) is van mening dat hulle in staat is om skoolwiskunde in 'n multi-kulturele opset te onderrig. Dosente is verdeel hieroor: 42,3% stem nie saam nie, 38,5% stem wel saam en 19,2% wou geen uitspraak lewer nie. 'n Meerderheid praktisyns (59,5%) is van mening dat studente *nie* daartoe in staat is nie, terwyl 25,6% wel so dink met 14,9% wat nie 'n uitspraak wou lewer nie. Dit moet egter in gedagte gehou word dat die ondersoekpopulasie tot voor 1994 aan 'apartheidonderwys' of soortgelyke onderwystoestande blootgestel was en dat die toestande sedertdien nog nie noemenswaardig verander het nie. Hulle het dus min, indien enige ervaring van skoolwiskunde in 'n multi-kulturele klasopset, soos die relatief hoë persentasie onseker-response aandui (6,5%, 19,2% en 17,5% onderskeidelik). Hierdie resultaat dui moontlik op 'n groter bereidwilligheid by die jonger studente, as by die ouer dosente en praktisyns, om in nuwe omstandighede onderrig te gee. Die dosente en praktisyns se groter rypheid en meer ervaring mag ook hulle verwagtings in hierdie veband temper.

- *Item C33* (die gebruik van verskillende evalueringswyses): 'n Groot meerderheid studente (84,7% met 23,8% ten sterkste) is van mening dat hulle, benewens skriftelike toetse en eksamens, 'n verskeidenheid evalueringswyses doeltreffend in hulle skoolwiskundeonderrig sal kan gebruik. 'n Groot meerderheid dosente (76,9%) gaan hiermee akkoord, maar die meerderheid praktisyns (59,5% met 19,1% ten sterkste) verskil hiervan. Die verskille tussen die praktisyns en die twee groepe persone in die opleidingsituasie is van medium effek (d = 0,69 en d = 0,55 onderskeidelik), wat daarop dui dat die studente se vaardigheid in hierdie verband moontlik ook in 'n mate in die opleidingsituasie oorskat word. Hierdie vermoede word verder versterk as in ag geneem word dat twaalf onderhoud-dosente aangedui het dat die studente

hoofsaaklik aan skriftelike evalueringswyses blootgestel is (Onderhouditem 10).

Item C24 en C25 is spesifiek op studente se onderrigvaardigheid ten opsigte van die twee hoofafdelings van skoolwiskunde, te wete algebra en meetkunde, gerig. Tabel 5.11 vat die resultate in hierdie verband saam.

Tabel 5.11 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die vaardigheidkomponent van die didaktiese skolingsinhoud rakende algebra- en meetkundeonderrig

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C24	1	16 (4,4%)	1 (3,8%)	2 (4,3%)
	2	61 (16,9%)	3 (11,5%)	6 (12,8%)
	3	192 (53,2%)	18 (69,2)	30 (63,8%)
	4	86 (23,8%)	3 (11,5%)	9 (19,1%)
Gemiddeld (σ)		***3,01 (0,808)***	***3,00 (0,748)***	***2,98 (0,707)***
C25	1	17 (4,7%)	1 (3,8%)	8 (17,0%)
	2	59 (16.4%)	8 (30,8%)	20 (42,8%)
	3	197 (54,7%)	13 (50%)	16 (34%)
	4	80 (22,2%)	2 (7,7%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***3,00 (0,809)***	***2,85 (0,925)***	***2,30 (0,832)***

- *Item C24* (onderrig van algebra): Effekgroottes toon dat 'n groot meerderheid van die drie groepe (onderskeidelik 77%, 80,7% en 82,9%) met 'n redelike mate van eenstemmigheid ($d \leq 0,3$), saamstem dat die studente in staat is om die berekenings- en algebragedeeltes van skoolwiskunde te onderrig.

- *Item C25* (onderrig van meetkunde): 'n Groot meerderheid studente (76,9% met 22,2% ten sterkste) en 'n meerderheid dosente (57,7%) is van mening dat die studente in staat is om die meetkundegedeeltes van skoolwiskunde te onderrig. Die meerderheid praktisyns (59,8%) verskil egter op 'n *prakties betekenisvolle* vlak van die studente ($d = 0,84$), terwyl die dosente en die praktisyns met medium effek verskil ($d = 0,59$); die studente en die dosente verskil onbeduidend hieroor ($d = 0,16$).

  Inspeksie van die betrokke opleidingsillabusse by die onderskeie inrigtings het getoon dat die studente *by uitsondering* tydens hul voordiens-opleiding aan *skool*meetkunde, of akademiese inhoude wat dit ondersteun, blootgestel

word (vergelyk Institute of Education, 1991a&b). Die positiewe verwagting van die studente en die dosente mag dus oordrewe (oorskat) wees, terwyl die praktisyns se mening beginner-wiskundeonderwysers se waargenome bevoegdheid in hierdie verband weerspieël en dus meer geldig mag wees. Hierdie resultaat dui dus op 'n besliste leemte in die betrokke opleiding.

'n Slotopmerking oor die inhoud van die voordiens-didaktiese skoling: Op grond van Tabel 5.6 en die bespreking daarna (Item C8) wil dit voorkom asof die voordiens-didaktiese skolingsinhoude in geheel *nie* studente se houding teenoor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan (verder) negatief beïnvloed het nie. Die verkreë inligting lewer egter ook nie bewys dat veral die primêreskoolstudente wat 'n geïntegreerde kursus gevolg het, se houding tydens die opleiding meer positief geword het nie. Die onderhoude toon dat die meerderheid primêreskoolstudente met 'n swak houding teenoor wiskunde by die onderskeie inrigtings aangekom het en dat die feit dat hulle *verplig* is om wiskunde of -didaktiek as vak te neem, moontlik 'n verbetering in hierdie houding grootliks mag teëgewerk het.

5.3.4.5 Die persone en interaksie in die voordiens-didaktiese skoling

Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief is die rol van die 'didaktiese skoler' (dosent) dié van *bemoontliker* van en *geleentheidskepper* vir betekenisvolle leer (kyk 4.2.4.2). Daarby tree die dosent as 'n invloedryke *rolmodel* vir die stundente op ten opsigte van wiskunde-doen en probleemoplossing (kyk Tabel 5.4), maar *nie* op 'n voorskriftelike wyse nie. Op grond hiervan is die volgende twee onderhouditems ingesluit (kyk Bylae C):

- Die beste wyse om studente op te lei om skoolwiskunde doeltreffend te kan onderrig, is om 'n paar metodes van onderrig en evaluering wat u weet wat werk, uit te kies en aan studente te verduidelik en te demonstreer, waarna hulle dit moet inoefen totdat hulle dit bemeester het. *(Item 3)*
- Daar behoort spesifiek geleentheid vir voordiens-wiskundeonderwysers geskep te word om doeltreffende **eie** leerstrategieë, -vaardighede en -houdings **self** te ontdek en te ontwikkel. *(Item 6)*

In aansluiting hierby is Item C11, C15 en C34, wat op die *rol van die dosent* tydens didaktiese skoling mik, ingesluit. Item C10, C17 en C32, wat met die oog op die *doel van die voordiens-didaktiese skoling* ingesluit en bespreek is (kyk 5.3.4.2), bied verdere inligting oor die dosent se bemoontlikende en geleentheidskeppende onderrighandelinge.

Die student is nie 'n passiewe ontvanger van kennis nie, maar behoort eerder aktief, konstruktief en interaktief aan die onderriggebeure deel te neem en die rol van *geleentheidbenutter* te vervul (kyk 4.2.4.2). Verder behoort studente ondersoekend en probleemoplossend met die leerinhoud om te gaan. Hulle behoort aan 'n verskeidenheid werkwyses om wiskunde te onderrig, te leer en te doen, blootgestel te word om voorsiening te maak vir verskillende leerwyses wat hulle moet gebruik en beproef ten einde doeltreffende eie werkwyses en strategieë vir die onderrig, leer en doen van wiskunde te ontdek en te ontwikkel. Die volgende onderhouditem is daarom ingesluit:

- Die didaktiese skoling van studente behoort aan die hand van die ondersoek van realistiese onderrig-leerprobleemsituasies in skoolwiskunde te geskied. Trouens, al hierdie skoling moet werklikheidsgetrou verloop. *(Item 7)*

Die volgende item het betrekking op die onderskeie rolle van die student en die dosent in die voordiens-didaktiese skolingsituasie (vergelyk die argument in 4.2.4.2):

- In die meerderheid gevalle behoort voordiens-wiskundeonderwysers in individuele en in kleingroepverband aktief en op eie inisiatief aan klasaktiwiteite (soos ondersoeke, besprekings en die oplos van probleme) deel te neem, terwyl die dosent op die agtergrond moet tree. *(Item 9)*

Item C10, C17 en C26 is onder meer op die *rol van die student* gerig. Vanweë die interaktiewe en verweefde aard van die onderrig-leerhandelinge in die didaktiese skolingsituasie, is Item C17, C22, C32 en C34 so geformuleer dat dit tegelyk inligting oor verskillende wesentrekke van die didaktiese skolingsituasie lewer (kyk Tabel 5.6, 5.10 en 5.13).

Bespreking van die onderhoud- en Afdeling C-resultate

Die onderhoud-dosente was verdeel oor die gestelde "beste wyse om studente op te lei om skoolwiskunde doeltreffend te kan onderrig". Agt het saamgestem dat dit beter is om slegs enkele metodes wat werk, uit te kies en op die gestelde tradisionele wyse te onderrig. Agt het nie daarmee saamgestem nie, maar aangedui dat studente met 'n groter verskeidenheid metodes vertroud moet raak. Sewe dosente, waarvan ses by alvier kolleges waar die geïntegreerde program gevolg is, het aangedui dat die gestelde tradisionele werkwyse hul huidige didaktiese skoling akkuraat beskryf; drie van hulle het pertinent gestel dat dit gebeur omdat "the syllabus prescribes it". Altwee die dosente wat 'n aparte kursus oor 'n lang tydperk aanbied, het die gestelde werkwyse beslis afgewys en aangedui dat dit beslis nie in hul program gebeur nie.

Wat die alternatiewe werkwyse, wat in Item 6 voorgestel is, betref, het ses dosente aangedui dat studente *nie* in staat is om op die gestelde konstruktivisties-gebaseerde wyse te leer nie, terwyl 'n verdere vier onseker was of hulle dit sal kan doen. Die res [n=7] was van mening dat studente dit wel sal kan doen; hiervan was vyf beslis in hulle reaksie, terwyl twee tentatief gereageer het. Al die respondente het egter eenparig saamgestem dat die gestelde konstruktivistiese werkwyse in die betrokke skoling wel gewens is, maar ses was skepties oor die praktiese haalbaarheid daarvan in hulle geval. Slegs die twee dosente by die kollege waar 'n aparte intensiewe kursus gevolg is, en twee senior en ervare lede by die 'EMSCEP'-kollege was oortuig dat sodanige leerdergesentreerde werkwyse in 'n redelike mate of in sommige gevalle in hul huidige skolingsprogram tot reg kom; die res [n=13] het onomwonde gestel dat dit *nie* tans in hulle geval gebeur nie. Die meerderheid respondente wat by geïntegreerde opleiding betrokke is [n=9], was seker oor wat gedoen kan word om sodanige benadering suksesvol in hul geval te implementeer: die tydprobleem met die skoling opgelos moet word deurdat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus ingestel moet word. Die dosente wat by aparte skolingsprogramme betrokke is, het aldrie aangedui dat die sukses van sodanige benadering van studente se doelgerigte, aktiewe en konstruktiewe deelname afhang.

Al die dosente het saamgestem dat die didaktiese skoling werklikheidsgetrou moet verloop en op ondersoek van realistiese onderrig-leersituasies in skoolwiskunde gebaseer behoort te word. Twee senior en ervare dosente het egter aangedui dat alle skoling *nie* op hierdie wyse kan verloop nie, maar dat "theoretical reflection on possible [fictitious] events" ook nodig is, terwyl twee skepties was oor die haalbaarheid van hierdie voorgestelde werkwyse. Ses dosente was van mening dat sodanige werkwyse reeds in wisselende mate in hul huidige skolingsprogram tot reg kom. Die res [n=11] het omomwonde gestel dat dit vanweë beperkte tyd, 'n ondoeltreffende geïntegreerde kurrikulum, onvoldoende fasiliteite en swak skakeling tussen die opleiding- en praktykvelde (kyk 5.3.4.6) tans *nie* gebeur nie.

Oor die noodsaak van studente se leerhandelinge op eie inisiatief (Item 9), het al die respondente saamgestem dat dit wenslik is. Ses het aangedui dat dit *nie* tans in hul skolingsprogram gebeur nie, waarvan drie die rede "students expect to be spoon-fed" hiervoor aangevoer het. Sewe was van mening dat dit slegs in 'n geringe tot 'n redelike mate gebeur. Buiten twee, wat onseker was oor wat in hierdie verband gedoen kan te word, was al die respondente oortuig dat 'n groter mate van wisselwerking tussen die wiskundedepartementslede onderling en met ander opleidingspersoneel,

asook 'n 'nuwe' wiskundedidaktiekkurrikkulum en meer tyd vir hierdie tipe skoling noodsaaklik is om hierdie saak reg te stel.

Die resultate in verband met die rol van die dosent in die voordiens-didaktiese skolingsituasie (Item C11, C15 en C34) word in Tabel 5.12 aangedui.

Tabel 5.12 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die dosent in die didaktiese skolingsituasie

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C11	1	25 (6,9%)	7 (26,9%)	2 (4,3%)
	2	81 (22,5%)	12 (46,2%)	7 (14,9%)
	3	153 (42,5%)	5 (19,2%)	23 (48,9%)
	4	91 (25,3%)	1 (3,8%)	15 (31,9%)
Gemiddeld (σ)		***2,94 (0,931)***	***2,12 (0,993)***	***3,09 (0,803)***
C15	1	59 (16,3%)	5 (19,2%)	2 (4,3%)
	2	144 (39,8%)	16 (61,5%)	11 (23,9%)
	3	115 (31,8%)	5 (19,2%)	21 (45,7%)
	4	38 (10,5%)	0	10 (21,7%)
Gemiddeld (σ)		***2,41 (0,938)***	***2,00 (0,630)***	***2,98 (0,906)***
C34	1	30 (8,3%)	3 (11,5%)	-
	2	99 (27,3%)	9 (34,6%)	-
	3	151 (41,8%)	12 (46,2%)	-
	4	75 (20,8%)	2 (7,7%)	-
Gemiddeld (σ)		***2,80 (0,918)***	***2,50 (0,812)***	-

Die inligting in Tabel 5.12 impliseer dat die meerderheid studente die opleidings-inrigtings onder die indruk verlaat dat skoolwiskunde op 'n voorskriftelike wyse onderrig behoort te word (kyk 3.4.2.2). Betekenisvolle verskille kom by Item C11 en C15 voor, naamlik:

- *Item C11* (voorskriftelike onderrig): 'n Groot meerderheid studente (67,8%, met 25,3% ten sterkste) beaam dat hulle dosente die tradisionele onderrig-benadering op 'n voorskriftelike wyse aan hulle as ideaal voorgehou het, terwyl dosente gelyk verdeel is oor sodanige optrede aan hulle kant. 'n Groot meerderheid praktisyns (80,8%, met 31,9% ten sterkste) bevestig hierdie praktyk by beginner-wiskundeonderwysers. Die verskil tussen die studente en dosente is *prakties betekenisvol* (d = 0,83), wat impliseer dat studente die 'didaktiese boodskap' van hulle dosente met betrekking tot 'n doeltreffende

onderrigbenadering in skoolwiskunde grootliks waninterpreteer of verkeerd verstaan.

- *Item C15* (enkel onderrigmetode): 'n Meerderheid studente (56,1%) en 'n groot meerderheid dosente (80,7%, met 19,2% ten sterkste) is van mening dat studente nie net een spesifieke metode om skoolwiskunde doeltreffend te onderrig, aangeleer het nie. Daarteenoor stem meer as twee-derdes van die praktisyns (68,4%, met 21,7% ten sterkste) saam dat beginner-wiskunde-onderwysers geneig is om 'n enkele metode in hulle wiskundeonderrig toe te pas. Die verskil tussen die praktisyns en die dosente is *prakties betekenisvol* (d = 1,02), wat aandui dat voormelde vermoedelike 'didaktiese boodskap' wat studente tydens didaktiese skoling ontvang (Item C11), wel deeglik na afloop van hulle voordiens-opleiding in hul wiskundeonderrigpraktyk neerslag vind.

'n Moontlike rede vir dosente se skynbare onvermoë om studente van 'n 'beter' onderrigpraktyk in skoolwiskunde te oortuig, blyk uit die volgende resultaat, wat op sigself 'n ernstige negatiewe implikasie vir die betrokke didaktiese skoling inhou:

- *Item C34* (die koppeling van die opleiding met die praktyk): Bykomend tot voormelde 'negatiewe' implikasie vir die voordiens-didaktiese skoling van die betrokke studente, stem 'n meerderheid persone (onderskeidelik 62,6% studente, met 20,8% ten sterkste, en 53,9% dosente) saam dat die wiskunde-didaktiekopleiding selde met die prakyksituasie verbind word.

Uit voorgaande blyk dat die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in Noordwes in die meerherheid van gevalle *nie* vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief benader word nie, maar eerder gevestigde tradisionele 'kennisoordrag'-praktyke mag bevestig of ondersteun, as om dit teë te werk.

Wat die rol van die student in die didaktiese skolingsituasie betref, kan uit die response op Item C10 en C17 (kyk Tabel 5.6) en Item C26 (kyk Tabel 5.13) afgelei word dat die studente na hulle verwagting wel voldoende geleentheid tot deelname en die ontwikkeling van eie strategieë en werkwyses kry, maar eerder in wiskunde- as in wiskundedidaktiekverband (kyk 5.2.2.2). Voormelde resultate lei tot die vraag of die gerapporteerde geleentheid-tot-doen nie grootliks op 'geleentheid-tot-inoefen-van-voorskrifte' neerkom nie. Die onderhoude met dosente bevestig dan ook dat in die groot meerderheid van gevalle (ongeveer 80%) studente selde geleentheid kry om op eie inisiatief in die betrokke kursusse te doen, te werk en te leer.

Item C26 is op die mate van (mede-) menslike interaksie in die voordiens-didaktiese skolingsituasie gerig (kyk 2.2.3.2); die resultate word in Tabel 5.13 aangedui.

Tabel 5.13 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die interaksie in die didaktiese skolingsituasie

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C26	1	13 (3,6%)	0	5 (10,6%)
	2	51 (14,2%)	5 (19,2%)	12 (25,5%)
	3	182 (50,7%)	17 (65,4%)	21 (44,7%)
	4	111 (30,9%)	4 (15,4%)	8 (17,0%)
Gemiddeld (σ)		***3,11 (0,780)***	***2,96 (0,599)***	***2,77 (0,943)***

Verskille tussen die drie groepe respondente is klein ($d \leq 0,36$); daar is dus redelike ooreenstemming onder die persone met betrekking tot die koöperatiewe handelinge (interaksie) by die studente en beginner-onderwysers. 'n Groot meerderheid studente (81,6%, met 30,9% ten sterkste) en dosente (80,8%) stem saam dat die studente gereeld en goed in kleingroepverband in die klasse saamwerk. In aansluiting hierby, stem 'n meerderheid praktisyns (61,7%) saam dat beginner-wiskundeonderwysers by skole goed in kleingroepverband saamwerk. Dit impliseer dat studente in hulle voordiens-didaktiese skoling 'n hoë mate van geleentheid tot koöperatiewe leerhandeling geniet. Hierdie gunstige beeld ten opsigte van die rol van studente en die interaksie tydens die betrokke opleiding kan egter eers na waarde geskat word indien die aard van die betrokke klasaktiwiteite in berekening gebring word.

Die klasaktiwiteite in die geval van die geïntegreerde kursus (kyk 5.2.2 en 5.2.4, Tabel 5.1) is eerder *akademies-wiskundig* as *didakties-skolend* van aard, terwyl die voormelde onderhoudresultate toon dat die didaktiese skoling wat plaasvind, in hierdie gevalle hoofsaaklik by wyse van *direkte onderrig* op die patroon van Item C11 geskied (kyk Tabel 5.12). Op grond hiervan word nou geargumenteer dat die gerapporteerde geleentheid vir studente tot deelname en samewerking in kleingroepe in die meerderheid gevalle (kyk Tabel 5.1) eerder deur die uitvoer van direkte opdragte volgens 'n voorskrif of patroon, as deur eie inisiatief en outentieke ondersoek, probleemoplossing en ontdekking gekenmerk word. Die skynbaar gunstige beeld ten opsigte van die hoë mate van koöperatiewe leerhandeling deur studente tydens die didaktiese skoling sou dus in werklikheid 'n veel negatiewer situasie in die betrokke opleiding kon verbloem. Dit mag ook waar wees ten opsigte van die gerapporteerde hoë mate van sukses met betrekking tot die verwerwing van wiskundeleer- en probleemoplossingsvaardighede (kyk Item C32, Tabel 5.6).

5.3.4.6 *Die konteks van die voordiens-didaktiese skoling*

Die konteks waarbinne die voordiens-didaktiese skoling plaasvind, het 'n bepalende invloed op wat tydens die opleiding gebeur en hoe dit verloop (kyk 2.4.3.7 en 4.2.6). Die opleiding is *professionele voorbereiding* vir die spesifieke beroep van wiskunde-onderwyser; as sodanig behoort die opleiding in 'n realistiese konteks plaas te vind. Gevolglik is die volgende twee onderhouditems ingesluit, wat aangevul is met Item C34 in die vraelys:

- Daar behoort 'n dinamiese wisselwerking (vennootskap) tussen die studente se wiskundedidaktiekopleiding en die skoolwiskundeonderwyspraktyk te bestaan. *(Item 14)*
- Voordiens-wiskundeonderwysers behoort vir 'n uitgebreide periode van 'n kwartaal of meer onder leiding van 'n mentor-onderwyser te werk voordat hulle hul opleiding kan voltooi. *(Item 15)*

In aansluiting hierby, is dit dan ook belangrik om op die 'evalueringskonteks' van die wiskundedidaktiekopleiding te let, veral aangesien dit in die groot meerderheid van gevalle aan *eksterne* evaluering en/of moderering onderhewig is (kyk 5.2.2). Die volgende onderhouditem is daarom ingesluit (Bylae C):

- Studente behoort aan 'n verskeidenheid van evalueringswyses van al hulle bevoegdhede as wiskundeonderwysers onderwerp te word, eerder as net aan skriftelike toetse en eksamens. *(Item 10)*

Vanweë die belang van die evalueringskonteks word voormelde item aangevul met Item C20 en C31, waarop al die studente, dosente en praktisyns ook moes reageer.

Die wêreld van wiskundeonderrig en -leer, soos die wêreld van wiskunde en van werk buite die skool, ondergaan tans 'n vertegnologisering. Nuwe tegnologie, soos rekenaars en grafiese sakrekenaars, word toenemend ontwikkel en gebruik om probleme van 'n wiskundige aard vinniger en meer doeltreffend op te los of om nuwe wiskundige stelsels of terreine, soos fraktaalmeetkunde, te ontwikkel en toe te pas (kyk 3.2.2.2). Toekomstige wiskundeonderwysers behoort dus noodwendig tydens hulle voordiens-opleiding aan relevante wiskunde-, -onderrig- en –leertegnologie blootgestel te word. Die volgende onderhouditem is daarom ook ingesluit:

- Tydens hulle opleiding behoort voordiens-wiskundeonderwysers met spesifieke tegnologiese en manipuleerbare media (soos rekenaars, grafiese en sakrekenaars, tellers, blokkies, papier en instrumente) en vaktydskrifte wat

die onderrig en leer van (skool-) wiskunde kan bevorder, kennis te maak en die gebruik daarvan te bemeester. *(Item 11)*

Benewens voormelde spesifieke *ekologiese kontekste* van die voordiens-didaktiese skoling, is die *onderrig-leerkonteks* ook ondersoek (kyk 5.3.4.6). Verder is daar ook inligting rakende die holistiese of *geheelkonteks* en die *doelkonteks* van die skoling ingewin (kyk 5.3.4.2 en 5.3.4.3).

Bespreking van die onderhoud- en Afdeling C-resultate

Onderhoud-dosente was eenstemmig dat daar 'n dinamiese vennootskap tussen die wiskundedidaktiek- en skoolwiskundepraktyk behoort te bestaan en dat daadwerklike stappe geneem moet word om dit te bewerkstellig (Item 14). Ses het onomwonde gestel dat sodanige wisselwerking nie in die huidige program bestaan nie, terwyl die res [n=11] van mening is dat daar tans slegs rondom praktiese onderwys sprake daarvan is. In laasgenoemde geval het agt aangedui of gesuggereer dat die gebrek aan wisselwerking tussen al die betrokkenes op opleidingsvlak, en aan koördinering van die praktiese onderwysprogram op skoolvlak tot gevolg het dat die interaksie, wat wel plaasvind, in die geval van skoolwiskunde *nie* doeltreffend is nie. Ten einde hierdie probleemsituasie op te los, stel die respondente voor dat die gebrekkige 'interne' en 'eksterne' interaksie deur onderhandeling uit die weg geruim moet word, dat die inhoud en aard van die huidige voordiens-didaktiese skoling herstruktureer moet word, veral in die geval van die geïntegreerde, dat studente 'n inspraak hierin moet hê, dat plasingskole sorgvuldig gekies moet word en dat 'n internskap, soos vir ander professies, oorweeg behoort te word.

Wat sodanige 'internskap' betref (Item 15), het al die respondente die voorgestelde gedagte onomwonde gesteun en aangedui dat dit impliseer dat die 'voor-registrasie-opleiding' van drie jaar verleng moet word. Oor die algemeen was hulle verder van mening dat die sukses van sodanige stelsel grootliks op die beskikbaarheid van "bekwame mentors" sal berus. Oor laasgenoemde was die respondente in die lig van die huidige skoolsituasie nie eenstemmig nie: die meerderheid was van mening dat daar genoeg "geskikte onderwysers" hiervoor beskikbaar is; vier senior en ervare persone het egter pertinent gestel dat dit nie die geval is nie, veral in die plattelandse gebiede, waar die meerderheid studente opgelei word (kyk Tabel 5.1). Respondente het verder aangedui dat die voorgestelde internstelsel finansiële implikasies sou hê wat deur die onderwysdepartement, in die belang van doeltreffende skoolwiskunde-onderwys, verreken sou moes word.

Ten opsigte van die evalueringskonteks van die huidige voordiens-didaktiese skoling (Item 10), het die respondente eenparig die voorstel ondersteun dat studente op 'n kontinue en gebalanseerde wyse aan geïntegreerde evaluering van al hulle bevoegdhede as wiskundeonderwysers onderwerp behoort te word. Sewe het pertinent gestel dat die gebruilike skriftelike evaluering, soos toetse, eksamens en opdragte, alleen nie geskik is om te bepaal of "studente weet wat hulle behoort te weet, en kan doen wat hulle behoort te kan doen" nie. Die implikasie dat sodanige evalueringsprogram ontwerp en ingestel behoort te word, was vir al die respondente duidelik, maar oor die algemeen was hulle onseker oor wat en hoe dit kan gebeur.

Die onderhoud-dosente het eenparig gestel dat daar dringend aan die voorstel met betrekking tot die mediakundige en tegnologiese konteks van die betrokke opleiding (Item 11) oorweging en uitvoering gegee moet word; volgens hulle dit is wenslik en moontlik om dit te doen. In die huidige opleidingsituasie word daar egter nog glad nie of onvoldoende aandag aan hierdie noodsaaklike aspek van wiskundeonderwysers se opleiding gewy. Slegs die kollege waar 'n aparte intensiewe wiskundedidaktiek-kursus aangebied word, beskik oor 'n funksioneel toegeruste 'wiskundelaboratorium', terwyl grafiese sakrekenaars slegs by die 'EMSCEP'-kollege vir dosente en studente beskikbaar is en deur hulle in die opleiding gebruik word (kyk 5.2.2). Die opleidingsinstansies beskik almal oor biblioteke, maar toepaslike vaktydskrifte en geskikte resente boeke was net by die twee universiteite en die ex-TOD-kollege geredelik tot die beskikking van die dosente en die studente.

Item C20 en C31 is spesifiek op die evalueringskonteks van die wiskundedidaktiek-opleiding gerig; die resultate word in Tabel 5.14 vermeld.

Effekgroottes ($0,15 \leq d \leq 0,78$) toon dat die groepe hoogstens met medium effek verskil ten opsigte van hierdie twee items wat op die evalueringskonteks, waarbinne die voordiens-didaktiese skoling geskied, gemik is. Hulle is dus redelik eenstemmig oor hierdie twee aspekte van die betrokke voordiens-didaktiese skoling, hoewel byna prakties betekenisvolle verskille weereens tussen die opleidings- en die praktykvlak voorkom.

- *Item C20* (soort evaluering): 'n Meerderheid studente (59,5%) en dosente (61,5%) stem saam dat die evaluering in die voordiens-didaktiese skoling hoofsaaklik uit geskrewe toetse en eksamens bestaan. In samehang hiermee stem 'n groot meerderheid praktisyns (87,2%, met 25,5% ten sterkste) saam dat beginner-wiskundeonderwysers se evaluering hoofsaaklik uit geskrewe toetse en eksamens bestaan.

Die praktisyns en die dosente se tellings verskil byna met groot effek en dus *byna prakties betekenisvol* (d = 0,78). Die gebruik van skriftelike toetse en eksamens oorheers dus die evalueringspraktyke van beginner-wiskunde-onderwysers byna prakties betekenisvol tot 'n nog hoër mate as dié waaraan studente tydens hul voordiens-didaktiese skoling onderwerp word. In die lig van die grootliks 'voorskriftelike oordrag'-aard van die voordiens-didaktiese skoling (kyk 5.3.4.4) impliseer dit moontlik dat die skoling eerder produk- en inhoudgerig, as proses- en leergerig is en dat hierdie positivistiese onderrig-beskouing (kyk 2.2.2.3) aanvanklik in die studente indiens-onderrigpraktyk voortgesit word.

Tabel 5.14 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die evalueringskonteks in die didaktiese skolingsituasie

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
C20	1	25 (6,9%)	2 (7,7%)	0
	2	116 (32,1%)	8 (30,8%)	6 (12,8%)
	3	164 (45,4%)	15 (57,7%)	29 (61,7%)
	4	51 (14,1%)	1 (3,8%)	12 (25,5%)
Gemiddeld (σ)		***2,71 (0,843)***	***2,58 (0,703)***	***3,13 (0,612)***
C31	1	8 (2,2%)	1 (3,8%)	8 (17,4%)
	2	63 (17,5%)	9 (34,6%)	15 (32,6%)
	3	230 (63,9%)	12 (46,2%)	19 (41,3%)
	4	48 (13,3%)	2 (7,7%)	1 (2,2%)
Gemiddeld (σ)		***2,98 (0,721)***	***2,81 (0,939)***	***2,48 (1,1027)***

- *Item C31* (gebalanseerde evaluering): 'n Groot meerderheid studente (76,2%) en 'n meerderhied dosente (53,9%) is van mening dat studente se totale bevoegdheid as wiskundeonderwyser op 'n gebalanseerde wyse in die kursus geëvalueer word. Dit kontrasteer met studente en dosente se response op Item C20, asook met die voormelde onderhoudinligting. Dit mag wees dat die studente en die dosente die item anders geïnterpreteer of verstaan het as wat die navorser bedoel het deur byvoorbeeld aan die totale evaluering in die hele opleiding te dink. Dit mag egter ook impliseer dat hulle skriftelike toetse en eksamens as voldoende beskou om die bepaalde bevoegdheid te evalueer, wat op 'n oorskatting van die waarde van skriftelike evaluering en 'n ontken-

ning of wanbegrip van die komplekse geheelaard van evaluering en die interaktiewe handelingaard van die didaktiese skoling sou neerkom.

Die helfte van die praktisyns (met 17,9% ten sterkste) is egter van mening dat beginner-wiskundeonderwysers nie gebalanseerde evaluering van al hul leerders se bevoegdhede as wiskundeleerders toepas nie, teenoor 43,5% wat wel so dink. Dit versterk die vermoede dat die student die opleidingsituasie met 'n verskraalde proses-produkbeskouing van evaluering of 'n wanbegrip van die prosesaard van wiskundeonderrig en -leer verlaat.

Voormelde resultate ten opsigte van die evalueringskonteks, asook dié ten opsigte van die inhoud, die persone en die interaksie in die betrokke klasse (kyk 5.3.4.4 en 5.3.4.5) dui daarop dat die voordiens-wiskundedidaktiek-opleiding in Noordwes tans in die groot meerderheid van gevalle deur 'n aktiewe inhoudgerigte oordrag-benadering ("teaching for the test") gekenmerk word (kyk 2.2.2 en 2.3.4). Daar is verder prakties betekenisvolle aanduidings dat hierdie beperkende didaktiese skolingkonteks waaraan die betrokke studente tans onderwerp word, aanvanklik na hulle indiens-wiskundeonderrig-leerpraktyk oordra.

Selfs by die enkele inrigtings waar die studente toegelaat word om self meer aktief in wiskundedidaktiekklasse te doen, dui die getuienis van die betrokke onderhouddosente, asook die studente en die vakadiviseurs in die oop Afdeling C-vrae (kyk 5.3.5) daarop dat hierdie studente se skoolwiskunde-onderrig eerder deur 'aktiewe onderrig' as deur bemoontlikende leerder-gesentreerde onderrig gekenmerk word. Dit wil dus voorkom asof daar in hierdie gevalle 'naïewe konstruktivistiese' vertroue in leerderaktiwiteit gestel word (kyk 2.3.3). Dit mag egter ook bevestig dat studente se langdurige blootstelling aan tradisionele wiskundeonderrigpraktyke tydens hul skoolloopbaan, eerder as die relatief kort blootstelling aan alternatiewe konstruktivisties-gebaseerde wiskundeonderrig- en -leerpraktyke in die huidige voordiens-didaktiese skolingsprogram uiteindelik die deurslag met betrekking tot hulle skoolwiskundeonderrighandelinge gee.

Die rigiede sillabus wat in die meerderheid van gevalle voorskriftelik op die inrigtings afgedruk word, herinner aan 'n nie-interaktiewe inhoudbeskouing en 'vaste agenda'-kurrikulumbenadering (kyk 2.3.2 en 2.3.5). As sodanig dra dit tot 'n onaanpasbare en beperkende onderrig-leerkonteks van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in Noordwes by.

5.3.5 Algemene implikasies van 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende wiskundeonderrig vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers

5.3.5.1 Inleiding

In hierdie gedeelte word die response van die ondersoekpersone op die 'oop' items in Afdeling C van die vraelys (Items C35, C36 en C37) en in die onderhoudskedule (Item 16) kortliks bespreek. Vir die doeleindes van hierdie bespreking word resultate wat op dosente, studente en praktisyns se response betrekking het, onderskei. As gevolg van die wesenlike verskil tussen primêreskool- en sekondêreskoolstudente se opleiding, word daar tussen hierdie twee groepe studente se response onderskei. Waar nodig word daar ook tussen die geïntegreerde en die 'aparte' kursussituasie onderskei. Om praktiese redes is die fokus op bykomende perspektiewe tot dié wat alreeds in voorgaande bespreking ter sprake gekom het, asook op geheelperspektiewe, wat tegelyk as 'n sintese van die resultate van hierdie deel van die ondersoek dien.

5.3.5.2 'Oop'-response van die praktisyns [N=47]

Die tekortkominge in die wiskundedidaktiekopleiding, wat deur die praktisyns geïdentifiseer is, is in die volgende lys gerangskik:

Wat skiet te kort in beginner-onderwysers se betrokke opleiding?	**Frekwensie (f ≥ 10%)**
• Aspekte rakende doeltreffende klaskameronderrig: die gebruik van 'n verskeidenheid leerder-gesentreerde onderrigstrategieë; motiveringstegnieke; improvisasie; die hantering van groot groepe; die gebruik van ander bronne as die handboek; hantering van individuele verskille; kommunikasie	23 (49%)
• Aspekte rakende 'persoonlike' hoedanighede: selfvertroue; vermoë tot begrip, betekenisgewing en probleemoplossing	19 (40%)
• Die huidige praktiese opleiding	12 (26%)
• Opleiding om verskillende evalueringswyses te gebruik	8 (17%)
• Kennis van skoolwiskunde	6 (13%)
• Skakeling tussen vakadviseurs en die opleidingsvlak	5 (11%)

Die meerderheid vakadviseurs het op die vraag na wat oorbodig is in die betrokke opleiding redelik vaag en in algemene terme gereageer. Een het eksplisiet gestel dat sy response op "wat [hy] uit die optrede van beginner-wiskundeonderwysers aflei", berus; daar kan geargumenteer word dat dit in 'n wisselende mate ook op die ander se response van toepassing is. Uit die response kan egter afgelei word dat die vak-adviseurs van mening is dat die hoeveelheid teorie en die onderrig van verouderde wiskundeonderrig- en -leerbenaderings oorbodig in die huidige wiskundedidaktiek-opleiding is.

Die drie prominentste "mees positiewe aspekte" van die wiskundedidaktiekopleiding, wat deur die praktisyns geïdentifiseer is, is in onderstaande lys gerangskik:

Wat is die mees positiewe aspek van beginner-onderwysers se betrokke opleiding?	**Frekwensie**
• Hulle is entoesiaties om 'nuwe' onderrigmetodes te gebruik	7 (15%)
• Hulle is gretig om van ander kollegas te leer en met hulle saam te werk	7 (15%)
• Persoonlike hoedanighede: hardwerkend; gemotiveerd om suksesvol te wees; positiewe gesindheid teenoor leerders en wiskundeonderrig	7 (15%)

Uit voorgaande blyk dat die tekortkominge en die oorbodighede in die betrokke opleiding hoofsaaklik met die akademiese en professionele vlakke van opleiding verband hou, en die positiewe aspekte daarvan met die persoonlike hoedanighede van die student.

5.3.5.3 'Oop'-response van die studente [n=355]

Die studente se beoordeling van hul wiskundedidaktiekopleiding is reeds breedvoerig in 5.3.4 ontleed en bespreek; daarom word slegs die drie prominentste aspekte, wat deur die grootste groep studente geïdentifiseer is, telkens hier vermeld.

Primêreskoolstudente [n=255]

Die tekortkominge, wat deur primêreskoolstudente aangedui is, is in die volgende lys gerangskik. Response van studente wat 'n geïntegreerde kursus gevolg het, word van dié wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus gevolg het, onderskei.

Wat kom kort in die wiskundedidaktiek-opleiding?	Kollege I* [n=209]	Kollege II** [N=46]
• Die beskikbaarheid en gebruik van fasiliteite, apparaat en media om wiskunde te onderrig en te leer	64 (31%)	0
• Meer aandag aan verskillende onderrigmetodes en probleemoplossing	55 (26%)	25 (54%)
• Meer geleentheid vir praktiese inoefening van onderrigmetodes en –vaardighede	41 (20%)	21 (46%)

* Kolleges waar 'n geïntegreerde kursus gevolg is

** Kollege waar 'n aparte intensiewe kursus gevolg is

Die diskrepans ten opsigte van die tekort aan geskikte fasiliteite, apparaat en media is opmerklik; dit is waarskynlik aan die beskikbaarheid van 'n toegeruste wiskunde-laboratorium by die kollege waar 'n aparte kursus aangebied word, toe te skryf. Die onderrig van en praktiese inoefening van geskikte onderrigwerkwyses verdien beslis meer aandag by al die kolleges.

Die primêreskoolstudente se reaksie op die vraag na wat oorbodig in die betrokke opleiding is, toon dat hulle van mening is dat wat hulle doen oor die algemeen nodig is. Buiten "niks is oorbodig nie" [n=56; 22%] en "te veel teorie" [n=20; 8%], is geen verdere aspek deur 'n beduidende getal studente vermeld nie.

Dit was opmerklik dat die meeste studente [n=40; 19%], wat 'n geïntegreerde kursus gevolg het, die probleemoplossing wat hulle in die *wiskunde*deel van die kursus gedoen het, as die mees positiewe aspek van die kursus aangedui het; 11% [n=22] het ook die duidelike onderriginstruksies, die dril- en demonstrasiewerk en die lesing-metode waaraan hulle onderwerp is, as die mees positiewe aspek uitgesonder. 'n Relatief hoë getal [n=37; 18%] het egter aangedui dat hulle nie die vraag verstaan het nie. Studente wat 'n aparte intensiewe kursus gevolg het, het veral die praktiese aspekte van die betrokke opleiding [N=16; 35%] en die kennis wat hulle in verband met die onderrig van skoolwiskunde verwerf het [N=13; 28%] as die mees positiewe aspekte van hulle skoling uitgesonder.

Sekondêreskoolstudente [N=100]

Die tekortkominge, wat deur sekondêreskoolstudente aangedui is, is in die volgende lys gerangskik. Kollege- en universiteitstudente, wat onderskeidelik 'n geïntegreerde en 'n aparte kursus gevolg het, se response word onderskei. Aangesien Uniwest se

elf studente *geen* wiskundedidaktiekopleiding ontvang het nie, is hulle response buite rekening gelaat.

Wat kom kort in die wiskundedidaktiek-opleiding?	Kollege [N=72]	Universiteit [N=28]
• Verbandlegging tussen dit wat geleer is en die praktyk	30 (42%)	5 (18%)
• Praktiese inoefengeleentheid van kennis en vaardighede wat geleer is	27 (38%)	6 (21%)
• Meer opleiding ten opsigte van 'n verskeidenheid onderrig-leer- en evalueringswerkwyses	21 (29%)	8 (29%)
• Selfvertroue om skoolwiskunde te onderrig, ook in multi-kulturele klasse	5 (7%)	2 (7%)
• Beskikbaarheid en gebruik van toepaslike apparaat en media vir die onderrig en leer van skoolwiskunde	2 (3%)	2 (7%)

Die meeste sekondêreskoolstudente [25%] het aangedui dat "niks" oorbodig in die betrokke opleding is nie, terwyl 21% aangedui het dat herhaaldelike verduideliking en indril van 'n spesifieke metode(s) van probleemoplossing of onderrig oorbodig is. Verder is geen beduidende aanduiding van oorbodige aspekte van die opleiding gegee nie.

Hierdie studente het die strategieë en vaardighede, om wiskunde- en onderrig-leer-probleme op te los, asook om skoolonderwerpe te onderrig, wat hulle ontwikkel het, as de mees positiewe aspek van hulle wiskundedidaktiekopleiding aangedui: in totaal is 54 sodanige opmerkings wat hiermee verband hou, gemaak.

Sintese

Dit blyk dat die betrokke studente die gebrek aan doeltrefende fasiliteite, apparatuur en onderig-leermedia, te min opleiding in die gebruik van 'n verskeidenheid onderrig-leerwerkwyses, asook praktiese inoefeninggeleentheid as die belangrikste tekortkominge van die betrokke opleiding beskou het. Oor die algemeen was hulle van mening dat daar nie werklike oorbodige aspekte in die opleiding voorkom nie. Die praktiese geleenthede wat hulle wel tot selfaktiwiteit en ontwikkeling gekry het, is oor die algemeen as die mees positiewe aspek van die opleiding beskou. Die implikasie hiervan vir die betrokke opleiding is voor die hand liggend.

5.3.5.4 'Oop'-response van die dosente [N=26]

Uit die dosente se 'oop'-response, in die besonder die onderhoud-dosente [n=17] se finale opmerkings, blyk dat die voordiens-didaktiese skoling wat die meerderheid wiskundeonderwysstudente tans in Noordwes ontvang nie so doeltreffend is as wat hulle verwag nie. Die volgende bydraende faktore tot die toedrag van sake kom soos 'n refrein in die dosente se beoordeling van die situasie na vore:

- 'n hoë mate van gefragmenteerdheid in die opleidingskurrikulum;
- beklemtoning van akademiese wiskundeopleiding ten koste van wiskunde-didaktiekopleiding;
- gebrekkige finansiële en ander hulpbronne, asook onvoldoende tydtoedeling spesifiek vir die didaktiese skoling;
- die identifisering en werwing van geskikte 'mensemateriaal' vir die opleiding;
- die heersende ontoereikende mate van samewerking en koördinering tussen die opleiding- en skoolvlakke;
- die huidige kommerwekkende toestande in die skoolonderwys.

Hulle is verder daaroor eens dat teorie en praktyk, en inhoud en leerder, beslis nie in die geval van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers op 'n nie-interaktiewe wyse geskei moet word nie, soos tans in 'n hoë mate gebeur. Mahlobo (1997) wys op die volgende essensiële perspektief, naamlik: "Lecturing staff need a lot of real school teaching experience ... they must be able to imagine what problems exist and how to approach these." Hierdeur suggereer hy, en ander dosente eggo dit, dat die voordiens-didaktiese skolers van wiskundeonderwysers grondige kennis en vaardigheid ten opsigte van die opleidingsplek, sowel as die toekomstige werkplek moet hê, alvorens die onderhawige ondoeltreffendheidprobleem opgelos kan word. Hiertoe is 'n 'positiewe' ingesteldheid teenoor wiskunde en -onderwys, toegewyde volgehoue navorsing en toepaslike praktiese ervaring, in kort: 'n geskikte "culture of learning and teaching" in die opleidingsplek (Baughan, 1997), onontbeerlik.

5.4 SPESIFIEKE BESKOUINGS OOR DIE WESENSTREKKE VAN SKOOLWISKUNDEONDERRIG

5.4.1 Oriëntering

Die noue verband tussen skoolwiskundeonderrigpraktyke en die betrokke persone se fundamentele beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig

is by herhaling in hoofstuk 2, 3 en 4 beklemtoon. Daarom moet die persone, wat aan hierdie ondersoek deelgeneem het, se beskouings in hierdie verband bepaal en verreken word alvorens tot finale bevindings en gevolgtrekkings gekom kan word. Daarby kan die uitkoms van die voorgaande ondersoek na die implikasies van die persone se persepsies van die betrokke didaktiese skoling ook eers in perspektief gestel word nadat die betrokke fundamentele beskouings bepaal en verreken is.

5.4.2 Heersende beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

5.4.2.1 Die ondersoekmetodologie

Die metode van ondersoek

Weens die geskiktheid daarvan vir die doel, is 'n *vraelysondersoek* ondernoem om die proefpersone se beskouings oor die afsonderlike wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig te bepaal (Borg & Gall, 1989:432-433; Borg *et al.*, 1993:219). Afdeling B van die vraelys , bestaande uit Likert-tipe items, is vir hierdie doel in die vraelys vir die totale ondersoek ingesluit (kyk Bylae A). 'n Vierpuntskaal is, in oorleg met die Statistiese Konsultasiediens van die PU vir CHO, gebruik om respondente te 'dwing' om 'n spesifieke standpunt in te neem, met die 'onseker'-opsie as 'n vyfde 'uitsonderlike' moontlikheid (kyk 5.2.3 en Bylae A).

Konstruksie van Afdeling B van die vraelys

Doeltreffende wiskundeonderrig is 'n komplekse en verweefde verskynsel (kyk hoofstuk 4). Dit moet dus verwag word dat beskouings oor die wesentrekke daarvan dié komplekse verweefdheid sal weerspieël, soos die argumente in hoofstuk 2, 3 en 4 dan ook toon. Gevolglik sou 'n verweefde kompleks van sodanige beskouings uit literatuur geïdentifiseer of uit die argumente afgelei kon word, wat egter te omvattend vir die doeleindes van hierdie ondersoek sou wees. Daarom is gepoog om 'n werkbare aantal kernbeskouings oor elk van die wesenstrekke te identifiseer.

Ten aanvang is die ses wesenstrekke van onderrig in hoofstuk 2, 3 en 4 ontleed om pertinente kernbeskouings oor die afsonderlike wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig te identifiseer. Op grond hiervan is drie resente vraelyste geïdentifiseer, wat ontwikkel is en gebruik word om onderwysers, leerders en studente se beskouings oor die onderrig en leer van skoolwiskunde of 'n verwante vak (natuur-en-skeikunde) te bepaal, naamlik:

- Die *RUMEP Mathematics Belief Scale* ("MBS") wat in Suid-Afrika by die "Rhodes University Mathematics Education Project" (RUMEP) ontwikkel is om wiskundenderwysers se beskouings oor die onderrig en leer van skoolwiskunde te meet (Stoker, 1997). Toestemming is van die direkteur van RUMEP verkry om die vraelys te gebruik en aan te pas (Stoker, 1997).
- Die *Beliefs about Mathematics Survey* ("BMS") wat in die VSA deur Carter en Norwood (1997:63) saamgestel is om wiskundeonderwysers en -leerders se beskouings oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan te meet. Die BMS is gebaseer op 'n vraelys, wat deur Lappan en kollegas by die "National Center for Research on Teacher Education" by Michigan State University ontwikkel is, en 'n gepubliseerde vraelys, wat deur Nicholls, Cobb, Yackel, Wood en Wheatley (1990) ontwikkel is. Toestemming is van Carter (1997) en Lappan (1997) verkry om die items van die BMS te gebruik en aan te pas.
- Die *Secondary Science Methods Course Survey* (SSMCS) wat in die VSA deur Scantlebury, Bailey en Letts (Letts *et al.*, 1997:194) ontwikkel is om studente se persepsies en verwagtings ten opsigte van hulle voordiens-didaktiese skoling vir Natuur-en-Skeikundeonderrig te bepaal. Toestemming is van Scantlebury (1997) verkry om die items vir gebruik aan te pas.

Items wat op die ses wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig (kyk hoofstuk 4) betrekking het, is geïdentifsieer. Hieruit is ses-en-sestig items uitgekies of in konteks gestel, wat elk op 'n spesifieke wesenstrek en kollektief op al die wesenstrekke betrekking het (kyk Bylae A). Aangesien sommige items 'positief' en ander 'negatief' na dieselfde aspek verwys, is die gekose items *willekeurig* gerangskik.

Hierna is die vraelys aan vier senior navorsers met jarelange ervaring van vraelysontwerp en -ondersoeke, voorgelê vir kommentaar. Na verwerking hiervan is dit aan drie algemene didaktiek- en wiskundedidaktiekdosente, vier wiskundedidaktiekstudente, waarvan twee ook wiskundeonderwysers is, en een vakadviseur voorgelê om die geskiktheid en duidelikheid van die formulerings te evalueer, asook om 'n verwagte invultyd te bepaal, waarna die vraelys finaal saamgestel is.

Die populasie en steekproewe

Die populasie en steekproewe is soos in 5.2.4 saamgestel (kyk Tabel 5.1 en 5.2), maar substrata is ten opsigte van die studente bepaal, naamlik:

- *Primêreskool*wiskunde- en *sekondêreskool*wiskundeonderwys, aangesien die onderskeie opleidingsprogramme met betrekking tot die inhoud van die komponente daarvan verskil (kyk 5.3.3 en Figuur 5.1).
- *Eerstetaal*- en *tweedetaal*groepe, aangesien die taalkonteks (medium van onderrig) op skool en by die onderskeie opleidingsinrigtings 'n moontlike invloed op studente se tersaaklike ervarings en beskouings mag hê (kyk 5.3.4.6).
- *Inrigting*groepe, aangesien daar beduidende verskille tussen die onderskeie inrigtings ten opsigte van die aard en inhoud van die didaktiese skoling en die omstandighede waarbinne die opleiding geskied, voorkom (kyk 5.2.2). Vir die doeleindes van vergelyking is die volgende inrigtinggroepe gebruik:

Primêreskoolstudente:

(1) Die 'EMSCEP'-kollege, waar die geïntegreerde opleidingsprogram vanuit 'n probleemgesentreerde perspektief aangebied is;

(2),(3) twee kolleges waar die 'konvensionele' geïntegreerde opleiding aangebied is;

(4) 'n kollege waar 'n aparte intensiewe wiskundedidaktiekkursus aangebied is.

Sekondêreskoolstudente:

(1) Die 'EMSCEP'-kollege;

(2),(3) twee 'konvensionele' kolleges, soos hierbo gemeld;

(4) 'n universiteit waar geen wiskundedidaktiek aangebied is nie;

(5) 'n universiteit waar 'n aparte wiskundedidaktiekkursus aangebied is.

Die klein getal sekondêreskoolstudente by inrigtings (1 en 4) mag die geldigheid en betroubaarheid van vergelykings, waarby dié twee inrigtings betrokke is, beperk.

Statistiese tegnieke

Dieselfde tegnieke as in die geval van Afdeling A en C (kyk 5.3.4) is in hierdie geval gebruik om die groepe en substrata respondente se beskouings te *beskryf*; induktiewe statistiek is gebruik om groepe en die substrata se beskouings te *vergelyk*.

'n *Faktorontleding* volgens die VARIMAX-rotasiemetode is ten aanvang ten opsigte van die resultate van die totale respondentgroep [n=440] uitgevoer om 'n kleiner aantal 'sterk' faktore te kon kies, wat die totale variansie van die items met betrekking tot die opsieskaal verklaar (De Wet *et al.*, 1981:224; Van Aardt & Steyn, 1991:47). Die faktorontleding het egter 22 faktore onttrek, wat saam minder as die helfte (42%) van die variansie verklaar het, terwyl elke item se gemeenskaplike faktorvariansie of *kommunaliteit* (h^2) meer as die helfte van elkeen se totale variansie uitgemaak het ($0,53 < h^2 < 0,71$). Dit het daarop gedui dat daar nie 'n enkele gemeenskaplike sodange faktor(e) te vinde was nie. Hierdie heterogene struktuur is aan die saamgestelde aard van die vraelys, die kompleksiteit van die sentrale konstruk wat ter sprake is en die doelbewuste verdeling daarvan in *disjunkte*, maar samehangende subkonstrukte toe te skryf. Die totale Cronbach α-koëffisiënt ($\alpha_{totaal} = 0,822$, met $0,814 < \alpha < 0,826$ vir Item B1 tot B66) dui egter op 'n hoë mate van interne stabiliteit en dus betroubaarheid (Borg & Gall, 1989:261; Van Aardt & Steyn, 1991:48). Van die onttrekte faktore kon eenduidig met van die wesenstrekke verbind word; die meerderheid kon egter nie eenduidig met 'n enkele wesenstrek verbind word nie, maar wel met aspekte van verskillende wesentrekke. Dit kan aan die verskeidenheid en die verweefdheid van aspekte wat in die items ter sprake gekom het, toegeskryf word. As sodanig bevestig dit ook die kompleksiteit van doeltreffende skoolwiskundeonderrigsituasies.

Items wat laag met die totaal gekorreleer het ($|r| < 0,1$) is vervolgens geëlimineer, te wete Item B2, B5, B6, B8, B13, B14, B16, B18, B22, B24, B27, B33, B62 en B63; in 'n tweede faktorontleding is Item B19, B23, B26 en B35 ook só geëlimineer. 'n Finale faktorontleding is op die oorblywende items uitgevoer wat die *heterogene* aard van die vraelys bevestig het: 16 faktore is steeds onttrek, wat saam ook minder as die helfte (29%) van die variansie verklaar het. Die kommunaliteit van die oorblywende items was egter steeds betekenisvol ($0,515 < h^2 < 0,727$), behalwe in die geval van B4 ($h^2 = 0,456$), B9 ($h^2 = 0,487$), B32 ($h^2 = 0,479$) en B64 ($h^2 = 458$). Die betroubaarheid was hoër as aanvanklik: $\alpha_{totaal} = 0,859$ met $0,853 < \alpha < 0,861$ vir die afsonderlike items.

Dit was nou duidelik dat 'n faktorontleding nie verder van hulp sou wees om faktore te bepaal nie; daarom is elke item in Afdeling B voorts oorweeg om sodoende ses faktore saam te stel wat elk *verskillende* beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende wiskundeonderrig weergegee het. Die kriteria wat in hierdie verband toegepas is, is:

- Die *faktorbelading* wat tydens die faktorontledings vir 'n item bereken is, wat 'n aanduiding is van hoe 'sterk' die item tot die betrokke faktor bydra (Van Aardt & Steyn, 1991:47). In ooreenstemming met die 'Kaiser-kriterium' is 'n minimumfaktorbelading van 0,3 vereis (Van Aardt & Steyn, 1991:47).
- Die *kommunaliteitwaarde* (gemeenskaplike faktorvariansie) wat tydens die faktorontledings vir 'n item bereken is, met betekenisvolheid ($h^2 \geq 0,5$) as norm (Smith, Barnard & Steyn, 1988:23).
- Die *sinvolheid* van die item in terme van die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig, soos dit in hierdie ondersoek ontwikkel is. In hierdie verband het die navorser, 'n primêreskool- en 'n sekondêreskoolwiskunde-didaktiekdosent onafhanklik van mekaar vir elke wesenstrek ten minste vier items uit Afdeling B geïdentifiseer wat die beste by die wesenstrek pas. Die betrokke twee dosente is gekies omdat hulle vertroud is met 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig wat hier ter sprake is.

Die ses faktore wat op hierdie wyse saamgestel is, is:

- *Doel (DL):* Item B23, B64, B5, B48.
- *Onderwyser (OW):* Item B12, B39, B52, B66, B37.
- *Leerder (LR):* Item B15, B19, B55, B59.
- *Interaksie (IA):* Item B7, B10, B41, B53.
- *Inhoud (IH):* Item B35, B42, B43, B54, B61.
- *Konteks (KT):* Item B20, B28, B50, B51.

Die lae Cronbach-α-waardes wat in 'n tweedeordefaktorontleding op die saamgestelde faktore verkry is, het bevestig dat die faktore inderdaad eerder heterogeen as homogeen saamgestel is, soos die bedoeling dan ook was. Die onderskeie faktor-α-waardes is:

$\alpha_{DL} = 0,214$; $\alpha_{OW} = 0,203$; $\alpha_{LR} = 0,213$; $\alpha_{IA} = 0,447$; $\alpha_{IH} = 0,309$; $\alpha_{KT} = 0,461$

met die afsonderlike item-α-waardes tussen 0,081 en 0,377, behalwe in die geval van IA:B7 ($\alpha = 0,554$) en KT:B50 ($\alpha = 0,559$).

Hierna is die volgende groepe en substrata se saamgestelde response ten opsigte van voormelde ses faktore by wyse van 'n ANOVA, naamlik 'n eensteekproef-t-toets, vergelyk:

- Studente en dosente, met onderskeid tussen primêreskool- en sekondêre-skoolstudente.
- Primêreskool- en sekondêreskoolstudente.
- Primêreskoolstudente (eerstetaal) en primêreskoolstudente (tweedetaal).
- Studente en praktisyns.
- Dosente en praktisyns.

Effekgroottes, volgens Cohen se kriterium en, waar toepaslik, Pearson se korrelasie-waarde (p) is gebruik om die betekenisvolheid van verskille tussen groepe te bepaal (kyk 5.2.5).

5.4.2.2 Bespreking van die resultate van die ondersoek

In hierdie gedeelte van die ondersoek word resultate eers vanuit 'n globale konteks bespreek deurdat na frekwensies, persentasies en gemiddeldes van die tellings van die *totale* groepe verwys word, waarna fyner onderskeidings in die bespreking van waargenome tussengroepverskille getref word. Ter wille van ekonomie geskied die bespreking wesenstrekgewys aan die hand van die voormelde saamgestelde faktore. Verder word slegs berekende resultate, wat vir vergelykingsdoeleindes noodsaaklik is, hier getoon; die volledige frekwensie- en-persentasietabelle word in Bylae F, met ooreenstemmende numering, aangebied. Soos in 5.3.4 word, waar toepaslik, slegs response wat 'n besliste standpunt aandui, gerapporteer (dit wil sê Opsie 1, 2, 3 en 4). In die lig van die lae voorkoms van Opsie 5- en 'geen-reaksie'-response kan die gerapporteerde gemiddeld dus as 'n *gemiddelde waarde op 'n skaal van 1 tot 4* beskou en geïnterpreteer word.

Beskouings oor die wesenstrek 'doel' van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.15 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

'n Groot meerderheid van elke groep (onderskeidelik 89,4%, 92,3% en 95,7%), met hoë persentasies ten sterkste (onderskeidelik 59,6%, 61,5% en 78,7%), beskou dit as 'n doel van skoolwiskundeonderrig om *leerders verwantskappe self te laat ontdek* (Item B5). Voorts beskou 'n groot meerderheid van elke groep (onderskeidelik 64,1%, 77,0% en 78,7%), met redelik beduidende persentasies ten sterkste (onderskeidelik 20,8%, 38,5% en 25,5%), dat *die doel die beste bereik kan word as leerders hulle eie metodes vind om bewerkings te doen* (Item B23). Ontologies-kontekstueel beskou, hou dit oënskynlik 'n baie positiewe implikasie vir die betrokke

opleiding in. Die persentasie studente wat saamstem, is egter merkbaar laer as dié by die ander twee groepe; hierdie verskil is veral merkbaar by die studente en die dosente wat *ten sterkste* saamstem. Dit mag daarop dui dat die dosente moontlik *nie* so goed as verwag daarin slaag om hierdie positiewe doelbeskouing te vestig en ontwikkel nie; soos die onderhoud-dosente dan ook pertinent aandui (kyk 5.3.4.3). In die lig van die studente se beperkte blootstelling aan die wiskundeonderrigpraktyk (kyk Tabel 5.3C), asook die 'swak' houding teenoor (skool-) wiskunde waarmee die meerderheid van hulle tot die opleiding toetree (kyk 5.2.2.5), mag dit egter ook aandui dat hierdie 'positiewe' doelbeskouing by die studente eerder 'n reaksie op die skoolwiskundeonderrig, wat hulle op skool ontvang het, as 'n gevolg van hulle voordiens-opleiding en -didaktiese skoling is - dit dui eerder op 'n affektiewe (motief) as 'n kognitiewe (akademiese) verband.

Tabel 5.15 : Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'DOEL'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B5	3,49 (0,786)	3,46 (0,859)	3,70 (0,689)
B23	2,87 (0,948)	3,04 (0,999)	3,28 (0,852)
B48	3,23 (0,799)	2,92 (0,744)	3,02 (0,944)
B64	3,28 (0,758)	2,73 (0,827)	3,36 (0,764)

'n Groot persentasie van elke groep (onderskeidelik 86,0%, 69,3% en 74,5%), met onderskeidelik 40,1%, 23,1% en 36,2% ten sterkste) stem ook saam dat die leerder *nooit* die klas met 'n gevoel van vewarring of dat hulle 'vas' is, behoort te verlaat nie (Item B48). Hierdie resultaat dui daarop dat veral die studente en praktisyns van mening is dat leerders *altyd* die klas moet verlaat met *alle vrae beantwoord* en alle kwessies uitgemaak (vergelyk ook Tabel 5.20, Item B37). Hulle beskou dus 'n hoë vlak van verduideliking as 'n verdere doel van skoolwiskundeonderrig. Die meerderheid, maar 'n merkbaar kleiner persentasie dosente gaan hiermee akkoord. Dit versterk die vermoede dat die studente se negatiewe ervaring van die skoolwiskundeonderrig wat hulle ontvang het, moontlik 'n sterker invloed op hulle doelbeskouing het, as hul voordiens-opleiding en -didaktiese skoling. Hierdie resultaat dui ook daarop dat 'n hoë mate van onderwyserbeheer en -regulering as 'n belangrike

doel van skoolwiskundeonderrig beskou mag word, wat op 'n onderwysergesentreerde perspektief op die doel van skoolwiskundeonderrig dui.

Die baie hoë persentasie studente (87,1%, met 44,4% ten sterkste) en praktisyns (87,3%, met 'n *meerderheid* van 51,1% ten sterkste) ten gunste van Item B64, dui daarop dat die studente *aan die einde van hulle opleiding* 'n tradisionele beskouing oor die doel van skoolwiskundeonderrig, wat in die gemoed van praktisyns leef, emuleer (vergelyk ook Tabel 5.20, Item B54), naamlik: probleemoplossing is 'n *doel* van skoolwiskundeonderrig en –leer, eerder as 'n *konteks* daarvoor (kyk 3.2.2.1 en 3.4.2.2). Effekgroottes toon dat, hoewel 'n meerderheid dosente hiermee akkoord gaan, hulle met medium effek van studente (d = 0,67) en praktisyns (d = 0,76) verskil. Ontologies-kontekstueel beskou, impliseer dit dat dosente nie so goed as wat verwag ten opsigte van hierdie sleutelaspek van die doel van skoolwiskundeonderrig in hulle opleidingsdoel slaag nie.

Voorgaande dui op beduidende verskille tussen die dosente se beskouings oor die doel van skoolwiskundeonderrig en dié van die studente (voornemende praktisyns) en die praktisyns. Hierdie verskille is by wyse van 'n ANOVA statisties ontleed (kyk Tabel 5.16).

Tabel 5.16 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'DOEL' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	0,6221	0,2842 1,5284	0,17
Student - Praktisyn	0,5857	0,1061 1,2776	0,16
Dosent - Praktisyn	1,2079	0,1165 2,2992**	0,34
*GKF****	*3,6052*		

* Cohen (1988:287)

** $p < 0,05$ (statisties betekenisvol op 'n 5%-vlak)

*** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Effekgroottes bevestig dus dat die studente onbeduidend van die dosente en die praktisyns verskil ($d < 0,2$) en dat die dosente en die praktisyns met klein effek ($0,2 < d < 0,4$) verskil; daar is dus geen prakties betekenisvol verskille nie ($d < 0,8$).

Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat verskille met klein effek hier voorkom: f = 0,13 < 0,25.

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'DOEL' by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.17:

Tabel 5.17 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'DOEL'

Groepvergelyking	Gemiddelde verskil (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek (d = ΔM/σ)
Prim.stud.–Dosent#	0,524	2,013	0,26*
Sek.stud.–Dosent	0,6221	1,9938	0,31*
Prim. Stud.- Sek. Stud.##	0,3216	2,0134	0,16**
Eerstetaalstud.- Tweedetaalstud.	0,4191	2,0463	0,20*

\# $p < 0,01$ * Klein effek

$p < 0,05$ ** Onbeduidend

Hiervolgens is verskille oor die faktor 'DOEL' klein of onbeduidend. Die hoogste vlak van wiskundeopleiding (primêreskoolstudent-sekondêreskoolstudent), of 'n verskil in rypheid en ervaring (student-dosent) alleen het dus nie wesenlike invloed ten opsigte van beskouings oor 'DOEL' nie. Hiervolgens het die onderrigmedium nie noemenswaardige effek in hierdie verband nie.

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.18 getoon.

Tabel 5.18 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'DOEL' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	DL	B5	B23	B48	B64
1 [n=62]	12,871 (1,929)	3,47 (0,863)	3,19 (0,786)	3,20 (0,732)	3,16 0,778)
2 [n=80]	12,506 (2,335)	3,44 (0,869)	2,84 (1,024)	3,22 (0,878)	3,33 (0,784)
3 [n=67]	12,940 (1,757)	3,45 (0,744)	2,85 (0,848)	3,27 (0,809)	3,42 (0,678)
4 [N=45]	12,333 (1,834)	3,27 (0,618)	3,00 (0,674)	3,16 (0,796)	2,91 (0,874)

'n Vergelyking hiervan toon *geen* betekenisvolle verskille ten opsigte van die faktor 'DOEL' nie ($d < 0,59$).

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.19 getoon.

Tabel 5.19 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'DOEL' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	DL	B5	B23	B48	B64
1 [N=12]	13,333 (1,670)	3,75 (1,055)	2,83 (1,030)	3,33 (0,888)	3,42 (0,515)
2 [N=20]	13,350 (1,663)	3,75 (0,716)	2,65 (0,933)	3,25 (0,716)	3,70 (0,470)
3 [N=35]	12,971 (1,807)	3,80 (0,632)	2,63 (1,165)	3,20 (0,868)	3,34 (0,725)
4 [N=10]	13,200 (1,989)	3,50 (0,972)	2,90 (0,994)	3,40 (0,516)	3,40 (0,699)
5 [N=28]	12,857 (1,177)	3,54 (0,693)	2,64 (0,951)	3,36 (0,780)	3,32 (0,670)

Vergelyking hiervan lewer geen betekenisvolle verskille met betrekking tot 'DOEL' nie ($d < 0,38$).

Laasgenoemde twee stelle resultate versterk die vermoede dat die studente se beskouings oor die faktor 'DOEL' eerder affektief met hulle eie ervaring van skoolwiskundeonderrig, toe hulle op skool was, verband hou, as kognitief (akademies) met hulle voordiens-opleiding en -didaktiese skoling.

Beskouings oor die wesenstrek 'onderwyser' van doeltreffende skoolwiskunde-onderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.20 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

'n Groot meerderheid studente (74,2%%, met 'n redelike hoë persentasie van 30,2% ten sterkste) en 'n meerderheid praktisyns (61,7%) stem saam dat die wiskundeonderwyser *probleemoplossing* die beste onderrig deur leerders te *wys hoe* om probleme op te los (Item B12). Dit strook met die resultaat dat hulle probleem-oplossing op 'n kenmerkende tradisionele wyse as 'n doel van wiskundeonderrig en -leer sien en nie as 'n konteks daarvoor nie (Tabel 5.15, Item B64). In aansluiting hierby stem 'n groot meerderheid studente (78,1%), praktisyns (93,6%) én dosente (92,3%), met 'n hoë persentasie praktisyns (46,8%) én dosente (42,3%) ten sterkste,

saam dat die onderwyser leerders *aktief tot die ontdekking van begrippe behoort te lei* (Item B66). Dit wil dus voorkom asof die voordiens- en praktisyns 'n *tradisionele aktiewe en voorskriftelike oordragbeskouing* oor die onderrig van probeemoplossing, wat van kernbelang in die onderrig en leer van skoolwiskunde is, huldig. Die opleiers deel die onderwysergesentreerde beskouing dat die onderwyser 'n aktiewe agent met betrekking tot leerders se ontdekking van wiskundebegrippe is.

Tabel 5.20 : Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'ONDERWYSER'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B12	3,06 (0,846)	2,35 (0,846)	2,81 (0,947)
B37	3,07 (0,960)	2,65 (0,797)	3,00 (0,978)
B39	1,70 (0,838)	1,54 (0,582)	1,57 (0,903)
B52	2,58 (1,060)	2,04 (0,790)	2,28 (1,077)
B66	3,38 (0,692)	3,35 (0,629)	3,47 (0,620)

'n Meerderheid dosente (65,3%) ondersteun *nie* die onderwysergesentreerde voorskriftelike oordragbeskouing met betrekking tot die onderrig van probleemoplossing nie; trouens, dosente verskil hieroor *prakties betekenisvol* (d = 0,84) van die studente wat hulle opgelei het. Die resultaat met betrekking tot Item B64 (kyk Tabel 5.15) dui egter daarop dat dosente 'probleemoplossing' en 'ontdekking van begrippe' van mekaar skei. Ontologies-kontekstueel beskou, is dit 'n onhoudbare situasie (vergelyk die argument oor probleemoplossing en die leer van skoolwiskunde in hoofstuk 4). Dit plaas ook die resultaat dat hulle, soos die studente en die praktisyns, van mening is dat die doel van wiskundeonderrig die beste bereik word as *leerders hulle eie metodes vind* om te werk (Tabel 5.15, Item B23), in 'n ander lig: hulle beskou die onderwyser se rol wel nie as om werkwyses voorskriftelik op leerders af te dwing nie, maar moontlik as om die leerders aktief te 'stuur' om 'die regte' werkwyses self te 'ontdek'. Dit kom egter bloot op 'n meer subtiele manier van 'voorskriftelike ingryping' neer (kyk 3.4.3.2), wat ontologies-kontekstueel beskou, eweneens problematies kan wees.

'n Groot meerderheid studente (70,9%) en praktisyns (70,2%), met onderskeidelik 36,0% en 31,9% ten sterkste, stem saam dat wiskundeonderwysers *altyd* leerders se vrae behoort te beantwoord (Item B37). 'n Meerderheid dosente (53,9%) huldig dieselfde beskouing, maar 'n beduidende persentasie (46,1%) verskil daarvan. In die lig van voorgaande resultate met betrekking tot Item B12 en B66, asook die resultaat met betrekking tot Item B48 (Tabel 5.15), wil dit voorkom asof die studente en die praktisyns die onderwyser as die een met die 'finale sê' oor sake in skoolwiskunde-klasse beskou. Dosente stem hoofsaaklik saam, maar daar is tog 'n beduidende groep wat verskil, hoewel hulle moontlik slegs 'n 'meer subtiele' wyse van ingryping voorstaan. Die response op Item B52 dui egter daarop dat 'n meerderheid van elke groep die wiskundeonderwyser *nie* as 'dié een met *al* die sê' in die wiskundeklas beskou nie (onderskeidelik 52,6%, 80,7% en 70,2%), hoewel byna die helfte van die studente (46,0%), met byna 'n kwart (23,8%) ten sterkste, tog wel met sodanige beskouing saamstem.

Voorgaande versterk die vermoede dat kerntrekke van 'n onderwysergesentreerde beskouing oor skoolwiskundeonderrig in 'n hoë mate by die finalejaarstudente en die praktisyns voorkom, maar in 'n mindere mate by die dosente wat die studente opgelei het. Ontologies-kontekstueel beskou, dui dit verder daarop dat die betrokke didaktiese skoling nie die 'positiewe' impak het wat verwag word nie.

'n Groot meerderheid studente (87,9%), dosente (88,4%) en praktisyns (95,7%), met onderskeidelik 48,1%, 61,5% en 63,8% ten sterkste, verskil daarvan dat wiskunde-onderwyser die handboek wat by hul skool gebruik word, streng moet volg (Item B39). Ontologies-kontekstueel beskou, is dit 'n baie positiewe resultaat met betrekking tot die betrokke opleiding en praktyk. *Al* die betrokke studente, dosente en praktisyns is egter in die tydperk wat die opname *direk* voorafgegaan het, oriënterend met betrekking tot die invoering van *uitkomsgebaseerde onderwys (UGO)* en *Kurrikulum 2005* in Suid-Afrikaanse skole opgelei (kyk 5.2.2). Die groot meerderheid van die betrokke studente, dosente en praktisyns kon moontlik in die 'apartheid'-era ook 'n onaanvaarbare situasie van geen, min en/of swak skoolwiskundehandboeke ervaar. Beide hierdie invloede, eerder as die didaktiese skoling kon tot hulle antipatie teenoor die streng navolging van die (een) handboek wat by die skool beskikbaar is, bydra.

Uit voorgaande blyk dat daar beduidende verskille tussen die dosente se beskouings oor die rol van die onderwyser in skoolwiskundeonderrig, en dié van die studente en die praktisyns mag wees. Die verskille is by wyse van 'n ANOVA statisties ontleed (kyk Tabel 5.21).

Effekgroottes bevestig dat die studente en die praktisyns onbeduidend verskil ($d < 0,2$) en dat die dosente en die praktisyns met klein effek ($0,2 < d < 0,4$) verskil, terwyl die studente en die dosente byna met medium effek verskil ($d = 0,38 \approx 0,4$), maar nie prakties betekenisvol nie ($d < 0,8$). Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat verskille met klein effek hier voorkom: $f = 0,21 < 0,25$.

Tabel 5.21 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die faktor 'ONDERWYSER' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	1,8314	0,7786 2,8843**	0,38
Student - Praktisyn	0,7201	-0,0836 1,5239	0,15
Dosent - Praktisyn	1,1113	-0,1566 2,3791	0,23
*GKF****	*4,8653*		

* Cohen (1988:287)

** $p < 0,05$

*** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'ONDERWYSER' (OW) by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.22:

Tabel 5.22 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'ONDERWYSER'

Groepvergelyking	Gemiddelde verskil (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek (d = ΔM/σ)
Prim.stud.-Dosent#	1,8167	2,2139	0,82*
Sek.stud.–Dosent	1,8314	2,2749	0,81*
Prim. stud.- Sek. stud.	0,0143	2,2139	0,01***
Eerstetaalstud. - Tweedetaalstud.	1,1638	2,2337	0,52**

\# $p < 0,01$ * Prakties betekenisvol

** Medium effek *** Onbeduidend

Hiervolgens verskil dosente *prakties betekenisvol* oor die faktor 'ONDERWYSER' van primêre- én sekondêreskoolstudente, terwyl die verskil tussen die twee groepe studente onbeduidend is. Nóg die aard van die onderskeie twee geïntegreerde kursusse, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding beïnvloed dus studente se beskouings oor die faktor 'ONDERWYSER' verskillend. Hiervolgens verklaar die verskil in rypheid en ervaring tussen die dosente en studente, asook die hoogste vlak van wiskundeopleiding, wel verskille *prakties betekenisvol*; die onderrigmedium het egter *nie* 'n prakties betekenisvolle effek nie, maar verskille is tog noemenswaardig van medium effek.

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.23 aangedui.

Tabel 5.23 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'ONDERWYSER' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	OW	B12	B37	B39	B52	B66
1 [n=62]	13,694 (1,930)	3,24 (0,717)	3,12 (0,933)	1,62 (0,799)	2,75 (0,994)	3,44 (0,692)
2 [n=80]	13,333 (2,414)	3,16 (0,803)	2,94 (0,992)	1,68 (0,883)	2,85 (1,057)	3,37 (0,603)
3 [n=67]	13,612 (2,269)	3,18 (0,893)	3,00 (1,101)	1,82 (0,984)	2,69 (1,076)	3,19 (0,784)
4 [N=45]	12,200 (1,984)	2,47 (0,726)	3,09 (0,848)	1,64 (0,609)	2,20 (0,842)	3,36 (0,743)

Vergelyking hiervan lewer byna betekenisvolle verskille (d = 0,75) ten opsigte van OW by studente wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus gevolg het en dié by 'n 'EMSCEP'-kollege; eersgenoemde groep verskil ook byna met medium effek van studente wat die konvensionele geïntegreerde kursus gevolg het (d = 0,47), terwyl geen betekenisvolle verskille tussen 'EMSCEP-' en 'konvensionele' studente voorkom nie. 'n Fyner ontleding van die 'groot' verskille bring die volgende *prakties betekenisvolle* verskille aan die lig:

- *Item B12:* Studente wat 'n aparte kursus in hulle eerstetaal gevolg het, is prakties betekenisvol *minder* ten gunste daarvan dat wiskundeonderwysers voorskriftelik met betrekking tot probleemoplossing optree as dié by die ander drie 'tweedetaal'-inrigtings (d = 1,06, d = 0,86 en d = 0,80).

Ontologies-kontekstueel beskou, kan hieruit afgelei word dat 'n aparte wiskundedidaktiek bepaalde voordele inhou ten opsigte van die ontwikkeling van 'gewenste'

beskouings oor die rol van die onderwyser rakende die kernaspek probleem-oplossing. Die onderrigmedium by die onderskeie kolleges kon egter ook 'n bydrae tot hierdie verskil gelewer het.

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.24 aangedui.

Tabel 5.24 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'ONDERWYSER' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	OW	B12	B37	B39	B52	B66
1 [N=12]	13,833 (3,215)	2,67 (0,985)	3,08 (0,996)	1,92 (1,084)	2,67 (1,371)	3,09 (0,944)
2 [N=20]	14,850 (1,663)	3,50 (0,688)	3,30 (0,657)	1,90 (1,071)	2,70 (1,129)	3,70 (0,470)
3 [N=35]	13,371 (2,263)	2,94 (0,851)	2,97 (1,014)	1,40 (0,736)	2,31 (1,183)	3,51 (0,658)
4 [N=10]	13,200 (1,619)	3,20 (0,919)	2,70 (1,059)	1,80 (0,789)	2,20 (0,789)	3,60 (0,516)
5 [N=28]	13,643 (1,948)	3,00 (0,903)	3,43 (0,836)	1,79 (0,568)	2,14 (0,932)	3,50 (0,577)

Daar is slegs een prakties betekenisvolle verskil tussen die 'EMSCEP'-studente en die 'konvensionele'-studente, naamlik ten opsigte van Item B12: eersgenoemde groep is prakties betekenisvol *minder* ten gunste daarvan dat wiskundeonderwysers voorskriftelik met betrekking tot probleemoplossing is as die studente wat die 'konvensionele' opleiding by Kollege 2 ontvang het (d = 0,84). Dit is verwag, want 'n 'EMSCEP'-studente is meer dikwels as die 'konvensionele' studente aan 'n groter verskeidenheid probleemoplossingaktiwiteite blootgestel. Dit dui daarop dat 'n 'EMSCEP'-program, wat die wiskundeonderwyser se rol ten opsigte van probleem-oplossing betref, groter sukses behaal as die 'konvensionele opleiding. Daar is net een verdere prakties betekenisvolle verskil, naamlik ten opsigte van die totale faktor OW tussen studente by Inrigting 2 en 4 (d = 0,99). Ontologies-kontekstueel beskou, toon die studente van Inrigting 4 ten opsigte van elk van die items in Tabel 5.24 'n meer 'positiewe' beskouing as dié by Inrigting 2. Die studente by Inrigting 2 het die konvensionele opleiding ontvang, maar dié by Inrigting 4 het egter *geen* wiskunde-didaktiekopleiding ontvang nie! Dit is ewe verrassend dat *geen* verdere betekenis-volle verskille tussen studente van Inrigting 4 en dié by ander inrigtings voorkom nie. Dit dui op 'n leemte in die huidige didaktiese skoling om sekondêreskoolstudente

vanuit 'n 'nuwe' perspektief ten opsigte van hul rol as doeltreffende skoolwiskunde-onderriggewer toe te rus.

Beskouings oor die wesenstrek 'leerder' van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.25 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

'n Meerderheid studente (63,5%) en praktisyns (55,3%) stem saam dat die meerderheid leerders van skoolwiskunde *nie* wiskundige berekenings *sonder eksplisiete onderrig daarin* self kan uitwerk nie (Item B15). Dit dui op 'n beperkende beskouing dat leerders van skoolwiskunde van onderrig (en die onderwyser) *afhanklik is* om in wiskunde te kan vorder en/of dat skoolwiskunde vir die meerderheid skoolleerders (te) moeilik is om te doen. 'n Meerderheid dosente (53,8%) verskil hiervan, maar 'n beduidende persentasie (46.2%) stem hiermee saam.

'n Groot meerderheid studente (96,4%), dosente (96,1%) en praktisyns (97,8%), met onderskeidelik 69,9%, 73,1% en 72,5% ten sterkste, stem saam dat koöperatiewe leer leerders help om skoolwiskunde te verstaan (Item B19). Ontologies-kontekstueel bekou, dui dit op 'n positiewe bydrae van die betrokke opleiding vir die praktyk. Voorgaande dui egter daarop dat studente moontlik nie die potensiaal hiervan, om leerders minder afhanklik van die onderwyser se eksplisiete onderrig te maak, insien nie. Die oriënterende opleiding in UGO kon die studente en praktisyns moontlik onder die indruk van die nut van koöperatiewe leer gebring het, sonder dat hulle die volle impak daarvan al verstaan het. Dit dui op 'n leemte in die huidige didaktiese skoling.

Tabel 5.25 : Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'LEERDER'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B15	2,83 (0,865)	2,58 (0,809)	2,81 (1,056)
B19	3,65 (0.612)	3,65 (0,689)	3,70 (0,507)
B55	2,07 (0,820)	1,85 (0,464)	2,09 (0,974)
B59	2,05 (0,973)	1,85 (0,613)	2,19 (0,947)

Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief hou die response met betrekking tot Item B55 en B59 'n baie positiewe implikasie vir die opleiding en die betrokke praktyk in. 'n Groot persentasie studente (76,9%, met 22,9% ten sterkste), dosente (96,1%) en praktisyns (72,4%, met 29,8% ten sterkste) aanvaar dat 'stadige werk' nie noodwendig beteken dat die leerders die werk nie verstaan nie. Hulle behoort dus bereid te wees om leerders voldoende tyd te gee om te kan werk en leer, voordat hulle 'ingryp'. Verder verkeer 'n groot meerderheid studente (76,1%), dosente (88,4%) en praktisyns (72,4%) *nie* onder die vals indruk dat aangename en ordelike gedrag noodwendig aandui dat leerders die werk verstaan nie. Dit dui op 'n noodsaaklike begrip van die wiskundeleerhandeling by die studente, dosente en praktisyns, wat 'n 'positiewe' resultaat ten opsigte daarvan is. Die oriënterende UGO-opleiding kort voor die data-opname, kon egter tot die twee positiewe beskouings oor wiskundeleer bygedra het.

Uit voorgaande blyk dat die dosente, die studente en die praktisyns hoofsaaklik eenstemmig oor die rol van die leerder in die skoolwiskundesituasie mag wees. 'n ANOVA is gebruik om moontlike verskille statisties te ontleed (kyk Tabel 5.26).

Tabel 5.26 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die wesenstrek 'LEERDER' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	0,6152	0,2733 1,5037	0,18
Student - Praktisyn	0,2490	0,4293 0,9273	0,07
Dosent - Praktisyn	0,8642	0,2058 1,9341	0,25
*GKF***	*3,4649*		

* Cohen (1988:287)

** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Effekgroottes bevestig dat die verskille wat tussen die drie groepe bestaan, onbeduidend (d < 0,2) of van klein effek is (d = 0,25). Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat onbeduidende verskille hier voorkom: f = 0,09 < 0,1.

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'LEERDER' by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.22:

Tabel 5.27 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'LEERDER'

Groepvergelyking	Gemiddelde verskil (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek ($d = \Delta M/\sigma$)
Prim.stud.-Dosent[#]	0,6064	1,7406	0,35[**]
Sek.stud.–Dosent	0,6152	1,8734	0,33[**]
Prim. Stud.- Sek. stud.	0,0296	1,7406	0,02[***]
Eerstetaalstud. - Tweedetaalstud.	1,2095	1,7253	0,70[*]

\# $p < 0,01$ * Medium effek

** Klein effek *** Onbeduidend

Hiervolgens verskil dosente met klein effek oor die faktor 'LEERDER' van primêre- én sekondêreskoolstudente, terwyl die verskil tussen die twee groepe studente onbeduidend is. Nóg die aard van die onderskeie twee geïntegreerde kursusse, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding beïnvloed dus studente se beskouings oor die faktor 'LEERDER' verskillend. Die onderrigmedium het hiervolgens *nie* 'n prakties betekenisvolle effek nie, maar verskille is tog noemenswaardig van medium effek.

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.28 aangedui.

Tabel 5.28 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'LEERDER' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	LR	B15	B19	B55	B59
1 [n=62]	10,758 (1,565)	2,84 (0,853)	3,73 (0,548)	2,10 (0,790)	2,13 (0,983)
2 [n=80]	10,790 (1,849)	2,95 (0,913)	3,61 (0,665)	2,33 (0,812)	2,05 (0,999)
3 [n=67]	10,672 (1,735)	2,94 (0,886)	3,57 (0,722)	2,04 (0,806)	2,15 (0,932)
4 [N=45]	9,533 (1,455)	2,67 (0,603)	3,42 (0,621)	1,84 (0,638)	1,60 (0,618)

Vergelyking hiervan lewer byna betekenisvolle verskille ($d = 0,78$) ten opsigte van LR by studente wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus gevolg het en die 'EMSCEP'-studente; eersgenoemde groep verskil ook met medium effek van 'konvensionele' studente ($d = 0,68$ en $d = 0,66$). Geen betekenisvolle verskille kom egter tussen 'EMSCEP-' en 'konvensionele studente' voor nie. 'n Fyner ontleding van die verskille

bring egter geen *prakties betekenisvolle* verskille met betrekking tot die afsonderlike items tussen die groepe studente in die onderskeie programme aan die lig nie ($d < 0,6$).

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.24 aangedui.

Tabel 5.29 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'LEERDER' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	LR	B15	B19	B55	B59
1 [N=12]	11,417 (2,575)	2,92 (0,996)	3,83 (0,389)	2,25 (0,965)	2,42 (1,084)
2 [N=20]	10,850 (1,725)	2,95 (0,911)	3,65 (0,671)	1,90 (0,788)	2,50 (1,051)
3 [N=35]	10,514 (2,716)	2,80 (0,933)	3,91 (0,452)	2,12 (1,175)	1,86 (1,240)
4 [N=10]	10,000 (1,886)	2,30 (1,160)	3,90 (0,316)	1,90 (0,568)	1,90 (0,568)
5 [N=28]	10,321 (1,588)	2,61 (0,737)	3,71 (0,460)	1,92 (0,612)	2,18 (0,945)

Effekgroottes toon dat *geen* prakties betekenisvolle verskille met betrekking tot LR of die afsonderlike items voorkom nie ($d < 0,52$). Die verskillende aard van die onderskeie wiskundedidaktiekkursusse maak dus nie 'n noemenswaardige verskil met betrekking tot studente se beskouings oor die leerder. Die UGO-opleiding kort voor die data-opname mag moontlik tot die waargenome 'positiewe' beskouings oor die faktor 'LEERDER' bygedra het.

Beskouings oor die wesenstrek 'interaksie' van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.30 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

'n Groot meerderheid studente (82,6%) en praktisyns (83,0%), met beduidende persentasies (onderskeidelik 48,4% en 46,8%) ten sterkste, stem saam dat leerders wat *goed na die onderwyser se verduidelikings luister* 'n belangrike aspek van die interaksie in doeltreffende wiskundeonderrigsituasies is (Item B7). Dosente is verdeel hieroor: 'n meerderheid (53,9%) gaan daarmee akkoord, maar 'n beduidende getal (46,2%) verskil daarvan. Effekgroottes toon dan ook dat dosente hieroor *prakties betekenisvol* van praktisyns ($d = 0,86$) en byna prakties betekenisvol van studente ($d = 0,75$) verskil. Die respondente, veral die studente en praktisyns, beskou die

onderwyser-konteks (kyk 4.2.6.3) dus van kernbelang vir doeltreffende skoolwiskundeonderrig, hoewel dosente voorbehoude mag hê. Ontologies-kontekstueel beskou, erken die respondente die belangrike rol van die onderwyser in die skoolwiskundeonderrigsituasie. Op grond van die resultaat dat trekke van 'n onderwysergesentreerde voorskriftelike beskouing van wiskundeonderrig steeds by veral die studente en die praktisyns teenwoordig blyk te wees, wil dit egter voorkom asof die wiskundeonderwyser se *verduidelikingsfunskie* steeds oormatig beklemtoon word. Die groot verskille dui daarop dat die didaktiese skoling moontlik nie in hierdie opsig so suksesvol is as wat die dosente verwag nie.

Tabel 5.30 : Gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'INTERAKSIE'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B7	3,25 (0,896)	2,54 (0,948)	3,36 (0,764)
B10	1,92 (0,896)	1,65 (0,745)	1,91 (0,880)
B41	2,01 (0,947)	1,54 (0,582)	1,57 (1,019)
B53	2,08 (0,895)	1,58 (0,643)	1,85 (0,932)

'n Groot persentasie studente (80,7%), dosente (92,4%) en praktisyns (80,8%), met beduidende persentasies (onderskeidelik 35,7%, 46,2% en 34,0%) ten sterkste, verskil daarvan dat leerders aangesê moet word om probleme op die onderrigte manier op te los (Item B10). Ontologies-kontekstueel beskou, is dit 'n baie positiewe resultaat ten opsigte van die betrokke didaktiese skoling en praktyk. Die resultate ten opsigte van Item B12 en B15 (kyk Tabel 5.20 en 5.25) toon egter dat, hoewel die studente en praktisyns hierdie 'positiewe' beskouing huldig, hulle van mening is dat die meerderheid leerders *nie* in staat is om *self* doeltreffende werkwyses uit te werk nie en dat onderwysers liefs vir leerders moet *wys hoe* om op 'ander' maniere te werk te gaan. Dit temper nie alleen die voormelde 'postitiewe' resultaat nie, maar toon eerder dat die didaktiese skoling oor die algemeen *nie* die studente ten gunste van *leerdergesentreerde* interaksie in skoolwiskundeonderrigsituasies oortuig het nie.

Wat Item B41 en B53 betref, is 'n groot meerderheid studente (onderskeidelik 75,1% en 70,9%), dosente (onderskeidelik 96,2% en 92,3%) én praktisyns (onderskeidelik 89,4% en 85,1%) van mening dat leerders se leer van skoolwiskunde nie benadeel

word as hulle in kleingroepe werk of hul werk met mekaar bespreek nie. In die lig van die beduidende persentasie studente (33,0% en 28,2%), dosente (50,0% in elke geval) en praktisyns (61,7% en 40,4%) wat ten sterkste reageer, kan dus gestel word dat die respondente leerder-leerderinteraksie as 'n belangrike aspek van doeltreffende skoolwiskundeleer beskou. Ontologies-kontekstueel beskou, is dit eweneens 'n positiewe resultaat ten opsigte van die didaktiese skoling. Die gemelde UGO-opleiding mag egter ook tot die oorwegende 'positiewe' respons bygedra het.

Uit voorgaande blyk dat daar beduidende verskille tussen die dosente se beskouings oor die interaksie in skoolwiskundeonderrigsituasies en dié van die studente en die praktisyns mag wees. Die verskille is by wyse van 'n ANOVA statisties ontleed (kyk Tabel 5.31).

Tabel 5.31 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die wesenstrek 'INTERAKSIE' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	0,8697	0,8697 2,9411**	0,40
Student - Praktisyn	0,5110	-0,2797 1,3017	0,11
Dosent - Praktisyn	1,3944	0,1472 2,6416**	0,30
*GKF****	*4,7081*		

* Cohen (1988:287)

** Statisties betekenisvol op 'n 5%-vlak

*** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Effekgroottes toon dat die studente en die praktisyns onbeduidend verskil (d = 0,11) en dat die dosente en die praktisyns, asook die studente en die dosente met klein effek verskil (0,2 < d < 0,5). Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat verskille met klein effek hier voorkom: f = 0,21 < 0,25.

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'INTERAKSIE' by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.32:

Tabel 5.32 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'INTERAKSIE'

Groepvergelyking	Gemiddelde verskil (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek (d = ΔM/σ)
Prim.stud.-Dosent[#]	2,0371	2,1312	0,96[*]
Sek.stud.–Dosent	1,9054	2,1552	0,88[*]
Prim. stud.-Sek. Stud.[#]	0,4351	2,1312	0,20[***]
Eerstetaalstud.-Tweedetaalstud.	1,4714	2,1501	0,68[**]

\# $p < 0,01$ * Prakties betekenisvol

** Medium effek *** Klein effek

Hiervolgens verskil dosente *prakties betekenisvol* van primêre- én sekondêreskool-studente oor die faktor 'INTERAKSIE', terwyl die verskil tussen die twee groepe studente klein is. Nóg die aard van die onderskeie twee geïntegreerde kursusse, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding beïnvloed dus studente se beskouings oor die faktor 'INTERAKSIE' verskillend. Die verskil in rypheid en ervaring tussen die dosente en studente, asook die hoogste vlak van wiskundeopleiding, kan egter wel verskille prakties betekenisvol verklaar. Hiervolgens het die onderrigmedium *nie* 'n prakties betekenisvolle effek nie, maar is die verskille tog noemenswaardig van medium effek.

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.33 aangedui.

Tabel 5.33 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INTERAKSIE' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	IA	B7	B10	B41	B53
1 [n=62]	9,403 (2,250)	3,41 (0,761)	1,74 (0,808)	2,21 (0,985)	2,16 (1,067)
2 [n=80]	9,654 (2,209)	3,37 (0,908)	2,05 (0,934)	2,05 (0,918)	2,36 (0,860)
3 [n=67]	9,731 (1,997)	3,27 (0,994)	2,23 (1,060)	2,12 (0,937)	2,13 (0,903)
4 [N=45]	8,138 (1,561)	3,04 (0,767)	1,69 (0,557)	1,78 (0,765)	1,62 (0,576)

Effekgroottes toon dat daar op twee gevalle na geen prakties betekenisvolle verskille tussen primêreskoolstudente by die onderskeie kolleges se beskouings oor IA of die

afsonderlike items voorkom nie ($0,03 \leq d \leq 0,69$). Ontologies-kontekstueel beskou, is studente by kollege 4 se beskouings oor IA *prakties betekenisvol* meer positief as dié van studente by kollege 3 ($d = 0,80$); hulle beskouings oor die invloed van leerders se onderlinge gesprek oor hul werk (Item B53) is ook *prakties betekenisvol* meer positief as dié van studente by kollege 2 ($d = 0,86$). 'n Afsonderlike wiskunde-didaktiekkursus in studente se eerstetaal *prakties betekenisvol* kan dus meer positiewe beskouings oor die faktor 'INTERAKSIE' en Item B53, as 'n geïntegreerde kursus in studente se tweedetaal tot gevolg hê. Hierdie moontlike positiewer effek van 'n afsonderlike kursus blyk verder daaruit dat die enigste verskille van medium effek ($0,51 \leq d \leq 0,69$) tussen studente by kollege 4 en dié by die ander kolleges se beskouings oor IA, Item B10 en B53 voorkom. Geen noemenswaardige verskille kom tussen studente wat 'n geïntegreerde kursus gevolg het voor nie, ongeag die aanbiedingswyse ($0,03 \leq d \leq 0,46$).

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.24 aangedui.

Tabel 5.34 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INTERAKSIE' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	IA	B7	B10	B41	B53
1 [N=12]	9,667 (2,498)	3,00 (1,128)	1,92 (1,165)	2,42 (1,084)	2,33 (0,888)
2 [N=20]	8,500 (2,328)	3,05 (1,099)	1,60 (0,681)	1,85 (0,813)	2,00 (0,858)
3 [N=35]	9,257 (1,884)	3,37 (0,808)	1,83 (0,985)	2,03 (1,114)	2,09 (0,981)
4 [N=10]	8,400 (2,547)	3,00 (1,054)	1,70 (0,675)	1,70 (0,949)	2,00 (0,667)
5 [N=28]	8,857 (2,272)	3,39 (0,875)	2,07 (0,766)	1,70 (1,031)	1,75 (0,701)

Effekgroottes toon dat daar *geen* prakties betekenisvolle verskille tussen studente by die onderskeie inrigtings se beskouings oor IA of die afsonderlike items voorkom nie ($d < 0,53$); trouens, op een na is verskille van klein effek ($d < 0,5$). Ten opsigte van IA of die betrokke items het die *verskil* in opleidingsprogram en -benadering dus *geen* prakties betekenisvolle effek op die uitkoms van die onderskeie programme.

Beskouings oor die wesenstrek 'inhoud' van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.35 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

'n Groot meerderheid studente (85,5%), dosente (84,6%) en praktisyns (80,9%), met 'n beduidende persentasie studente (40,7%), dosente (42,3%) en praktisyns (44,7%) ten sterkste, stem saam dat probleemoplossing 'n sentrale aspek van die leerinhoud in skoolwiskunde moet uitmaak (Item B35). Ontologies-kontekstueel beskou, is dit 'n positiewe resultaat ten opsigte van die betrokke opleiding. In die lig van die resultate ten opsigte van Item B12 (Tabel 5.20) en B15 (Tabel 5.25), wil dit egter voorkom asof probleemoplossing hier deur die studente en praktisyns as die na-doen van gedemonstreerde tegnieke en strategieë beskou word, eerder as outentieke en kreatiewe wiskundige probleemoplossing. Dit strook met wat Baxter (1995:79) in hierdie verband ten opsigte van 'n groep wiskundeonderwysers aan sekondêreskole in Noordwes bevind het.

Tabel 5.35 : Gemiddeldes en standaardafwykings (σ) ten opsigte van die faktor 'INHOUD'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B35	3,31 (0,740)	3,35 (0,846)	3,33 (0,818)
B42	1,51 (0,804)	1,65 (0,977)	1,51 (1,019)
B43	2,17 (0,986)	1,48 (0,653)	1,74 (1,084)
B54	3,13 (0,769)	2,65 (1,018)	3,09 (0,775)
B61	2,62 (0,890)	2,46 (0,647)	2,55 (1,059)

In die lig van die dosente se 'positiewe' response op Item B12 en B15 wil dit voorkom asof die dosente se beskouing oor probleemoplossing nader aan 'n ontologies-kontekstuele perspektief is as die studente en praktisyns se 'tradisionele' beskouing daaroor. Dit plaas die 'eenstemmigheid' van die studente, dosente en praktisyns oor hierdie kernaspek van die skoolwiskundeleerinhoud in 'n minder gunstige lig en dit dui ook daarop dat die dosente ten opsigte hiervan moontlik nie so suksesvol in hul didaktiese skoling is as hulle verwag nie.

Ontologies-kontekstueel beskou, hou die resultate met betrekking tot Item B42 en B43 'n positiewe implikasie vir die betrokke didaktiese skoling en praktyk in. 'n Groot meerderheid studente (90,1%), dosente (84,6%) en praktisyns (93,6%), met onderskeidelik 63,0%, 57,7% en 68,1% ten sterkste, verskil daarvan dat swak prestasie in wiskunde noodwendig aan denkonvermoë toegeskryf moet word (Item B35). Dit wil dus voorkom asof hulle *nie* die tradisionele beskouing dat 'wiskunde net vir die slimmes is', huldig nie, maar eerder aanvaar dat daar meer faktore as kognisie is wat die leer daarvan beïnvloed. Hulle ervaring van beperkende skoolonderwys in 'apartheid'-Suid-Afrika mag ook hiertoe bygedra het. Voorts stem 'n groot persentasie studente (67,8%) en 'n groot persentasie dosente (89,5%) en praktisyns (80,8%) met onderskeidelik 27,0%, 57,7% en 55,3% en sterkste, *nie* saam nie dat heelwat dinge in skoolwiskunde net eenvoudig aanvaar en onthou moet word, sonder dat dit eintlik verduidelik kan word (Item B43). Dit impliseer dat hulle *wiskunde* in die algemeen as 'n verstaanbare kennisterrein beskou. 'n Meerderheid studente (52,5%) en dosente (53,8%) is egter van mening dat *skoolwiskunde* te moeilik vir die meerderheid skoolleerders is, teenoor onderskeidelik 45,6% en 46,2% wat daarvan verskil (Item B61). Die praktisyns is hieroor verdeel: 48,9% verskil, teenoor 46,8% wat saamstem. Dit wil dus voorkom asof die respondente 'n positiewe beskouing oor die verstaanbaarheid van wiskunde huldig, maar dat hulle tog redelik onseker is of leerders in staat is om skoolwiskunde te verstaan.

Die response op Item B54 toon dat die respondente hoofsaaklik 'n formalisties-statiese en instrumentalistiese, eerder as 'n relativisties-dinamiese beskouing oor die aard van wiskunde huldig (kyk 3.2.2): 81,2% studente en 83,6% praktisyns, met onderskeidelik 27,9% en 29,8% ten sterkste, en 50% dosente stem saam dat skoolwiskunde die beste beskryf kan word as 'n stel waar feite, reëls en formules wat deur leerders ontdek moet word. Ontologies-kontekstueel beskou, impliseer dit dat die studente, soos die praktisyns, hoofsaaklik 'n tradisionele Platoniese beskouing oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan huldig, hoewel daar tog positiewe beskouings oor aspekte van die wesenstrekke van skoolwiskundeonderrig voorkom.

Uit voorgaande blyk dat verskille tussen die dosente se beskouings oor die inhoud van skoolwiskundeonderrig en dié van die studente en die praktisyns voorkom. Die verskille is by wyse van 'n ANOVA statisties ontleed (kyk Tabel 5.36).

Effekgroottes bevestig dat *geen* prakties betekenisvolle verskille tussen die groepe voorkom nie ($d < 0,8$): die studente en die praktisyns, asook die dosente en praktisyns verskil onbeduidend ($d < 0,2$), terwyl die studente en dosente met klein effek

verskil (d = 0,22). Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat verskille met klein effek hier voorkom: f = 0,14 < 0,25.

Tabel 5.36 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die wesenstrek 'INHOUD' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	1,1355	0,0627 2,2083**	0,22
Student - Praktisyn	0,5676	0,2515 1,3867	0,11
Dosent - Praktisyn	0,5679	0,7239 1,8597	0,11
*GKF****	*4,7081*		

* Cohen (1988:287)

** $p < 0,05$

*** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'INHOUD' by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.37:

Tabel 5.37 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'INHOUD'

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek (d = ΔM/σ)
Prim.stud.-Dosent#	1,1785	2,2734	0,52*
Sek.stud.-Dosent	1,1355	2,2102	0,51*
Prim. stud.- Sek. stud.	0,1395	2,2734	0,06***
Eerstetaalstud.- Tweedetaalstud.	0,6278	2,3552	0,27**

\# $p < 0,01$ * Medium effek

** Klein effek *** Onbeduidend

Hiervolgens verskil dosente oor die faktor 'INHOUD' met medium effek van primêre- én sekondêreskoolstudente, terwyl die verskil tussen die twee groepe studente onbeduidend is. Nóg die aard van die onderskeie twee geïntegreerde kursusse, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding beïnvloed dus studente se beskouings oor die

faktor 'INHOUD' betekenisvol verskillend. Dit blyk verder dat nóg die verskil in rypheid en ervaring tussen die dosente en studente, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding, tot prakties betekenisvolle verskille in die persone se beskouings oor die faktor IH lei. Die onderrigmedium het ook nie 'n prakties betekenisvolle effek op hierdie beskouings van die betrokke persone nie, maar 'n klein effek.

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.38 aangedui.

Tabel 5.38 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INHOUD' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	IH	B35	B42	B43	B54	B61
1 [n=62]	12,839 (1,710)	3,42 (0,737)	1,31 (0,589)	2,11 (0,858)	3,26 (0,626)	2,77 (0,818)
2 [n=80]	12,700 (2,808)	3,14 (0,823)	1,46 (0,913)	2,46 (1,089)	3,01 (0,959)	2,87 (0,911)
3 [n=67]	12,970 (2,303)	3,31 (0,722)	1,58 (0,805)	2,10 (1,089)	3,31 (0,701)	2,69 (0,972)
4 [N=45]	12,200 (1,779)	3,24 (0,645)	1,67 (0,798)	2,11 (0,859)	3,00 (0,769)	2,18 (0,716)

Effekgroottes toon dat die verskille tussen die studente by die onderskeie kolleges se beskouings oor die faktor IH en die afsonderlike items, uitgesonderd Item B61, onbeduidend of van klein effek is ($d \leq 0,45$). Die verskille in die aard en lengte van die didaktiese skoling, asook die onderrigmedium hou dus nie betekenisvolle voordele vir die betrokke studente ten opsigte van die faktor IH en Item B35, B42, B43 en B54 in nie. Dit mag wees dat die impak van studente se ervaring van skoolwiskundeonderrig tydens hul skoolloopbaan en hul akademiese wiskundeopleiding so kragtig is, dat die relatiewe kort blootstelling aan 'alternatiewe' beskouings oor wiskunde as kennisterrein nie noemenswaardige verandering aan hierdie beskouings veroorsaak het nie. Dit mag ook wees dat die 'boodskap' wat studente in die didaktiese skoling met betrekking tot wiskunde as kennisterrein ontvang, kongruent is aan dié wat hulle tydens hulle skoolloopbaan ontvang het, in welke geval verandering nie verwag kan word nie.

Studente by kollege 4 se beskouings oor Item B61 verskil *byna* prakties betekenisvol ($d = 0,76$) van dié van studente by kollege 2, terwyl hulle hieroor met medium effek van studente by die 'EMSCEP'-kollege (1) verskil ($d = 0,72$). Die langer studietydperk, die eerstetaalonderrigsituasie en die meer intensiewe didaktiese skoling laat

studente dus 'n beduidend meer positiewe beskouing oor die moeilikheidsgraad van wiskunde vir skoolleerders ontwikkel. In die lig van die besondere geskiedenis van skoolonderwys in Suid-Afrika mag verskille in die kwaliteit van wiskundeonderrig wat die studente tydens hulle skoolloopbaan ontvang het, ook hiertoe bygedra het.

Ontologies-kontekstueel beskou, kan hieruit afgelei word dat 'n aparte wiskunde-didaktiekkursus, 'n langer opleidingsperiode en 'n eerstetaalonderrigsituasie moontlik bepaalde voordele vir primêreskoolstudente ten opsigte van die ontwikkeling van positiewe beskouings oor die verstaanbaarheid van skoolwiskundeinhoud en oor probleemoplossing as inhoud van skoolwiskundeonderrig, inhou. Dit het egter geen betekenisvolle positiewe invloed op hulle formalistiese beskouing oor die aard van skoolwiskunde nie. In die taal van 2.3.2 wil dit dus voorkom asof hierdie studente, wat skoolwiskundeonderrig betref, inhoud en proses op 'n nie-interaktiewe en vaste wyse van mekaar skei.

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.39 aangedui.

Tabel 5.39 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'INHOUD' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	IH	B35	B42	B43	B54	B61
1 [N=12]	13,917 (2,539)	3,58 (0,669)	2,25 (1,215)	2,42 (1,084)	3,00 (0,853)	2,91 (1,044)
2 [N=20]	13,500 (1,318)	3,70 (0,470)	1,70 (0,801)	2,25 (1,020)	3,35 (0,587)	2,50 (0,827)
3 [N=35]	12,686 (2,026)	3,37 (0,731)	1,37 (0,731)	2,06 (1,027)	3,23 (0,731)	2,66 (0,906)
4 [N=10]	11,900 (1,663)	3,10 (0,994)	1,50 (0,707)	1,80 (0,789)	3,30 (0,483)	2,20 (0,632)
5 [N=28]	11,643 (1,948)	3,29 (0,713)	1,43 (0,690)	1,89 (0,786)	2,79 (0,738)	2,25 (0,752)

Ontleding van die afsonderlike items vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief en effekgroottes toon dat universiteitstudente se beskouings oor IH beduidend meer positief as dié van kollegestudente is. Sekondêreskoolstudente by die 'EMSCEP'-kollege verskil *prakties betekenisvol* van dié by die universiteit (5) waar 'n aparte wiskundedidaktiekkursus aangebied is (d = 0,89), en *byna* prakties betekenisvol van dié by die universiteit (4) waar *geen* wiskundedidaktiekopleiding verskaf is nie (d = 0,79). Studente by kollege 2 verskil *prakties betekenisvol* van dié by universiteit 4 (d = 0,96) en universiteit 5 (d = 0,95). Studente by kollege 3, 'n spesialiskollege wat

slegs sekondêreskoolonderwysers oplei (kyk 5.2.2), verskil onderskeidelik met klein ($d = 0,39$) en medium effek ($d = 0,51$) van dié by universiteit 4 en 5. Sekondêreskool-studente by die verskillende kolleges verskil onderling met klein effek of onbeduidend ($0,16 < d \leq 0,48 < 0,5$), terwyl studente by die twee universiteite onbeduidend verskil ($d = 0,13$). Ten opsigte van die afsonderlike items wat IH saamstel, kom daar *geen* betekenisvolle verskille voor nie ($d \leq 0,72$).

'n Meer intensiewe blootstelling aan en bestudering van wiskundeinhoude en -prosesse op 'n hoër vlak mag die waargenome betekenisvolle verskille verklaar. Opleiding in wiskundedidaktiek, al dan nie, asook die aard daarvan het egter *nie* beduidende effek ten opsigte van die faktor 'INHOUD' en die afsonderlike samestellende items nie.

Beskouings oor die wesenstrek 'konteks' van doeltreffende skoolwiskundeonderrig

Die formulering van die items in Tabel 5.40 kom in die daaropvolgende bespreking na vore (kyk ook Bylae A).

Tabel 5.40 : Frekwensies, persentasies en gemiddeldes ten opsigte van die faktor 'KONTEKS'

Item	Studente [n=367]	Dosente [N=26]	Praktisyns [N=47]
B20	3,26 (0,756)	2,85 (1,084)	3,19 (0,798)
B28	3,49 (0,775)	2,58 (1,206)	3,11 (0,890)
B50	2,46 (0,968)	2,38 (1,023)	2,38 (0,922)
B51	3,20 (0,796)	2,42 (0,809)	3,02 (0,847)

'n Groot meerderheid studente (85,6%) en praktisyns (76,6%) en 'n meerderheid dosente (57,7%), met 'n beduidende getal studente (34,1%) en praktisyns (29,8%) ten sterkste, stem saam dat *leerders gereelde driloefeninge van standaardalgoritmes moet doen om dit aan te leer* (Item B20). 'n Beduidende getal dosente (34,6%) verskil hiervan, maar verskille tussen die dosente en die ander twee groepe is klein ($d \leq 0,38 < 0,5$). Wat Item B28 betref, stem 'n groot meerderheid studente (87,4%) en praktisyns (78,7%), met onderskeidelik 59,9% en 38,3% ten sterkste, saam dat *leerders skoolwiskunde die beste deur dril- en inoefenmetodes aanleer*. Die meerderheid dosente (53,8%) verskil egter hiermee, terwyl 38,5% van hulle wel saam stem.

Die verskil tussen dosente en studente is *byna prakties betekenisvol* (d = 0,75), maar tussen dosente en praktisyns is dit klein (d = 0,44). Hierdie resultate dui onteenseglik daarop dat die studente en die praktisyns, en in 'n mindere mate die dosente, 'n tradisionele "dril-en-inoefen"-beskouing huldig oor die konteks waarbinne skoolwiskunde, in die besonder standaardalgoritmes, die beste onderrig en geleer word.

Die waargenome tradisionele beskouing oor die konteks van skoolwiskundeonderrig word verder duidelik uit die response op Item B51: 83,2% studente en 74,5% praktisyns, met onderskeidelik 36,5% en 31,9% ten sterkste, stem saam dat dit, in die lig van leerders se uiteenlopende wiskundevermoëns, beter is as *die onderwyser 'n nuwe begrip eers aan die hele klasgroep verduidelik en hulle dit dan onder sy/haar toesig laat dril en inoefen.* 'n Meerderheid dosente (53,8%) verskil hiervan, maar 'n beduidende getal (46,2%) stem egter wel daarmee saam. Die verskil tussen die dosente en die studente is *prakties betekenisvol* (d = 0,96) en dié tussen die dosente en die praktisyns *byna* prakties betekenisvol (d = 0,71).

Ontologies-kontekstueel beskou, bevestig voorgaande resultate oor die konteks van skoolwiskundeonderrig die reeds gemelde vermoede dat die studente en die praktisyns grootliks 'n onderwysergesentreerde voorskriftelike oordragbeskouing oor skoolwiskundeonderrig en 'n tradisionele beskouing oor die funksie van probleemoplossing in skoolwiskundeonderrig huldig. Dit bevestig verder die vermoede dat die studente en praktisyns probleemoplossing in skoolwiskunde tot 'n hoë mate as die toepassing van gedemonstreerde strategieë en tegnieke om roetineprobleme volgens 'n voorskrif op te los, misverstaan.

Die oormaat akademiese wiskunde waaraan die groot meerderheid studente blootgestel is, met die oog daarop om dit vir 'n 'eksterne' eksamen te leer (kyk 5.2.2), asook hulle ervaring van skoolwiskundeonderrig en -leer tydens hulle skoolloopbaan, mag tot die kontinuering van hierdie tradisionele beskouing oor die konteks van skoolwiskundeonderrig bydra.

Wat die rol van 'moderne' elektroniese onderrig- en leermedia betref, is die groepe onseker of 'n middel soos die sakrekenaar tot die leer van skoolwiskunde kan bydra. 'n Meerderheid studente (51,8%), dosente (57,7%) en praktisyns (55,3%) *verskil* naamlik daarvan dat die gebruik van sakrekenaars primêreskoolleerders help om wiskunde beter te leer, terwyl onderskeidelik 45,5%, 38,5% en 42,6 wel daarmee saamstem. Uit die onderhoude met dosente blyk dat, met die uitsondering van enkeles, die meerderheid studente sakrekenaars nie dikwels en deurlopend tydens hulle wiskunde- en –didaktiekopleiding gebruik nie (kyk 5.3.4.6). Sakrekenaars is ook

nog nie algemeen in wiskunde gebruik toe hulle op skool was nie; en vanweë sosiale en onderwysongelykhede, wat steeds voortduur (Baughan, 1997), mag dit steeds die geval in die meerderheid skole in Noordwes wees. Dit mag daartoe lei dat sakrekenaargebruik vir veral studente en praktisyns 'n vreemde onderrig- en leerpraktyk is en dat hulle onseker of huiwerig daaroor voel. Dit mag selfs tot 'n mate van antipatie of vooroordeel daarteenoor lei.

Uit voorgaande blyk dat beduidende verskille tussen die dosente se beskouings oor die konteks van skoolwiskundeonderrig en dié van die studente en die praktisyns mag voorkom. Die verskille is by wyse van 'n ANOVA statisties ontleed (kyk Tabel 5.41).

Tabel 5.41 : Vergelyking van studente, dosente en praktisyns se beskouings oor die wesenstrek 'KONTEKS' [n=439]

Groepvergelyking	Verskil tussen gemiddeldes (ΔM)	Gelyktydige onderste/boonste betroubaarheids-limiet	Effek (d = ΔM/GKF)*
Student - Dosent	2,1381	1,1454 3,107**	0,49
Student - Praktisyn	0,6667	-0,0911 1,4245	0,15
Dosent - Praktisyn	1,4714	0,2760 2,6667**	0,34
*GKF****	*4,3249*		

* Cohen (1988:287)

** Statisties betekenisvol op 'n 5%-vlak

*** Gemiddelde som van kwadrate van foute ("mean square error")

Effekgroottes toon dat die studente en die praktisyns onbeduidend verskil (d = 0,15), die dosente en die praktisyns met klein effek (d = 0,34) en die studente en die dosente byna met medium effek (d = 0,49), maar nie prakties betekenisvol nie (d < 0,8). Die *f*-waarde vir die ANOVA (kyk 5.2.5) bevestig dat verskille met medium effek hier voorkom: f = 0,26 < 0,40.

Vergelyking van die substrata van studente (kyk 5.4.2.1) en dosente se beskouings oor die faktor 'KONTEKS' by wyse van 'n *eensteekproef-t-toets* lewer die resultate in Tabel 5.42:

Hiervolgens verskil dosente *prakties betekenisvol* oor die faktor KONTEKS met primêre- én sekondêreskoolstudente, terwyl die verskil tussen die twee studente-

groepe onbeduidend is. Nóg die aard van die onderskeie twee geïntegreerde kursusse, nóg die hoogste vlak van wiskundeopleiding beïnvloed dus studente se beskouings oor die faktor 'KONTEKS' verskillend. Die verskil in rypheid en ervaring tussen die dosente en studente, asook wat die hoogste vlak van wiskundeopleiding betref, kan wel wel verskille *prakties betekenisvol* verklaar. Hiervolgens het die onderrigmedium 'n *byna prakties betekenisvolle* effek op die studente se beskouings oor die faktor 'KONTEKS' (d = 0,76).

Tabel 5.42 : Vergelyking van substrata van studente en dosente se beskouings oor 'KONTEKS'

Groepvergelyking	Gemiddelde verskil (ΔM)	Standaard-afwyking (σ)	Effek (d = ΔM/σ)
Prim.stud.-Dosent#	2,0239	2,1448	0,94*
Sek.stud.-Dosent	2,1381	2,5189	0,85*
Prim. stud.- Sek. stud.#	0,3761	2,1448	0,18***
Eerstetaalstud. - Tweedetaalstud.	1,5778	2,0801	0,76**

\# $p < 0,01$ * Prakties betekenisvol

** Medium effek *** Onbeduidend

Die resultate vir primêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.43 aangedui.

Tabel 5.43 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'KONTEKS' vir primêreskoolstudente by sekere kolleges

Kollege	KT	B20	B28	B50	B51
1 [n=62]	12,629 (1,672)	3,32 (0,825)	3,56 (0,719)	2,50 (0,901)	3,36 (0,606)
2 [n=80]	12,272 (2,408)	3,26 (0,787)	3,56 (0,822)	2,43 (1,070)	3,32 (0,745)
3 [n=67]	12,761 (1,985)	3,22 (0,775)	3,60 (0,799)	2,73 (0,994)	3,21 (0,862)
4 [N=45]	10,956 (1,977)	3,18 (0,614)	2,91 (0,763)	2,20 (0,842)	2,67 (0,826)

Vergelyking hiervan vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief, toon dat studente, wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus deur eerstetaalonderrig gevolg het (by 4), *prakties betekenisvol* meer positiewe beskouings oor KT huldig as dié wat geïntegreerde opleiding deur tweedetaalonderrig ontvang het, ongeag die aanbiedingswyse

(d = 0,85; d = 0,91). Studente by kollege 4 verskil ook met medium effek van die 'konvensionele' studente by 2 (d = 0,55). Geen betekenisvolle verskille kom onderling tussen studente wat 'n geïntegreerde opleiding ontvang het voor nie, ongeag die aanbiedingswyse ($0,05 \leq d \leq 0,55$).

'n Fyner ontleding van die 'groot' verskille ten opsigte van die afsonderlike items bring die volgende *prakties betekenisvolle* verskille aan die lig:

- *Item B28:* Die primêreskoolstudente wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus deur eerstetaalonderrig ontvang het (by 4), is *prakties betekenisvol minder* van mening dat leerders skoolwiskunde die beste deur dril- en inoefenmetodes leer, as die studente wat die geïntegreerde opleiding deur tweedetaalonderrig ontvang het, ongeag die aanbiedingswyse (met onderskeidelik d = 0,85, d = 0,79 en d = 0,86 ten opsigte van kollege 1, 2 en 3).
- *Item B51:* In vergelyking met die studente by die 'EMSCEP'-kollege (1) en dié 'n 'konvensionele' kollege (2) is die studente by kollege 4 *prakties betekenisvol minder* van mening dat dit, in die lig van leerders se uiteenlopende wiskundevermoëns, beter is as 'n wiskundeonderwyser 'n nuwe begrip aan die hele klas verduidelik waarna hulle dit onder sy/haar toesig moet dril en inoefen (d = 0,84 en d = 0,79).

Ontologies-kontekstueel beskou, kan hieruit afgelei word dat 'n aparte wiskundedidaktiek bepaalde voordele inhou ten opsigte van die ontwikkeling van positiewe beskouings oor die onderrig-leerkonteks in skoolwiskunde. Die onderrigmedium by die onderskeie kolleges kon egter ook 'n bydrae tot hierdie verskil gelewer het.

Die resultate vir sekondêreskoolstudente by die gekose inrigtings word in Tabel 5.44 aangedui.

Effekgroottes toon dat daar *geen* betekenisvolle verskille tussen sekondêreskoolstudente se beskouings oor KT voorkom nie ($0,03 \leq d \leq 0,44$). Met die uitsondering van die volgende twee gevalle verskil die studente se beskouings oor die afsonderlike items onbeduidend ($0 \leq d \leq 0,19$), met klein effek ($0,23 \leq d \leq 0,44$) of met medium effek ($0,57 \leq d \leq 0,67$), ongeag wat die aard, duur of onderrigmedium van die wiskundedidaktiekopleiding is en of hulle sodanige opleiding ontvang het, al dan nie.

- *Item B28:* Studente wat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus by universiteit 5 ontvang het, is *byna prakties betekenisvol minder* van mening dat leerders skoolwiskunde die beste deur dril- en inoefenmetodes leer, as studente wat

die konvensionele geïntegreerde opleiding by 'n spesialiskollege (3) ontvang het.

- *Item B50*: In vergelyking met studente, wat die konvensionele geïntegreerde opleiding (by 2) ontvang het, is universiteitstudente wat *geen* vakdidaktiek ontvang het nie (by 4) *prakties betekenisvol minder* oortuig daarvan dat die sakrekenaar leerders in die primêreskool help om wiskunde beter te leer.

Tabel 5.44 : Gemiddeldes en standaardafwykings met betrekking tot die faktor 'KONTEKS' vir sekondêreskoolstudente by sekere inrigtings

Inrigting	KT	B20	B28	B50	B51
1 [N=12]	12,333 (1,723)	3,33 (0,778)	3,50 (0,905)	2,50 (1,243)	3,27 (1,009)
2 [N=20]	13,000 (1,522)	3,15 (0,745)	3,80 (0,410)	2,65 (0,587)	3,40 (0,681)
3 [N=35]	13,057 (1,765)	3,23 (0,877)	3,86 (0,550)	2,37 (0,973)	3,60 (0,604)
4 [N=10]	12,500 (1,716)	3,40 (0,699)	3,50 (0,527)	2,00 (0,816)	3,60 (0,699)
5 [N=28]	12,143 (2,103)	3,43 (0,573)	3,29 (0,763)	2,39 (1,066)	3,04 (0,881)

Ontologies-kontekstueel beskou, bevestig dit dat 'n aparte wiskundedidaktiekkursus 'n positiewe effek op studente se beskouings oor die onderrig-leerkonteks in skoolwiskunde het. Voorts het studente, wat wiskundedidaktiekopleiding ontvang het, 'n meer positiewe beskouing, as dié wat geen sodanige opleiding ondergaan het nie oor die bydrae wat tegnologiese media, soos sakrekenaars, tot die onderrig en leer van skoolwiskunde kan hê.

5.5 SAMEVATTING

In hierdie hoofstuk is implikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers ondersoek. Hiertoe is die metodologie van die empiriese ondersoek ten aanvang verduidelik en gemotiveer. Daarna is die voordiens-opleiding en –didaktiese skoling van die betrokke onderwysers aan die hand van 'n model (kyk Figuur 5.1) ontleed en bespreek, terwyl direkte implikasies van 'n ontologies-kontekstuele perspektief vir die wesenstrekke daarvan tegelyk beredeneer is. Vervolgens is oorgegaan tot die uiteensetting van die vraelys- en onderhoudondersoek wat in hierdie verband by die opleidingsinrigtings, wat primêreskool- en sekondêreskoolwiskundeonderwysers in Noordwes oplei,

uitgevoer is. Resultate is van die drie respondentgroepe verkry, naamlik: die betrokke dosente en studente, asook 'n groep wiskundeonderwyspraktisyns, wat die betrokke vakadviseurs en 'n groep wiskundeonderwysers ingesluit het. Hierdie resultate is gerapporteer en vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief ontleed. Ten slotte is die drie respondentgroepe se beskouings oor die wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskundeonderrig met behulp van 'n saamgestelde vraelys bepaal en vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief beskryf, bespreek en in verskillende verbande vergelyk. Gevolgtrekkings met betrekking tot die betrokke voordiens-didaktiese skoling en die implikasies van die gestelde perspektief op doeltreffende skool-wiskundeonderrig daarvoor is deurlopend op 'n geïntegreerde wyse afgelei.

Die bevindings waartoe op grond van die empiriese ondersoek, waaroor in hierdie hoofstuk verslag gedoen is, word in die volgende, en finale hoofstuk, van hierdie verslag gestel. Die finale gevolgtrekkings en bevindings waartoe in die literatuur-ondersoek in die voorgaande hoofstukke, asook die studie as 'n geheel gekom is, en aanbevelings wat op grond daarvan gemaak word, word ook in die laaste hoofstuk saamgevat.

HOOFSTUK 6
SAMEVATTING, BEVINDINGS, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1 INLEIDING

In hierdie slothoofstuk word die ondersoek saamgevat; vanweë die omvang van die en geïntegreerde aard van die argumente in elke deel van die dokument, word daar in hierdie hoofstuk op die hooftrekke van die onderskeie 'dele' van die ondersoek gefokus. Eerstens word 'n kursoriese oorsig van die verloop daarvan gegee. Tweedens word die hoofbevindings waartoe gekom is, saamgevat; besonderhede oor pertinente bevindings met betrekking tot 'fyner' deelaspekte van die ondersoek, wat reeds in vorige hoofstukke gestel is, word egter nie herhaal nie. Derdens word die gevolgtrekkings, waartoe in hierdie ondersoek gekom is, gestel. Daarna word aanbevelings met betrekking tot doeltreffende skoolwiskundeonderrig en die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers gemaak, waarna terreine vir verdere ondersoek ten slotte geïdentifiseer word.

6.2 KURSORIESE OORSIG

Die sentrale probleemvrae wat ondersoek is, is ten aanvang in die konteks van gedane navorsing in hoofstuk 1 beredeneer en gestel (kyk 1.1 en 1.2). In hoofsaak is die ondersoek op die ontwikkeling van 'n begronde beskouing oor doeltreffende onderrig en die wesenstrekke daarvan, in die besonder van skoolwiskunde, én die implikasies hiervan vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers gerig. Die gekombineerde kwantitatiewe en kwalitatiewe navorsingsmetodologie wat gevolg is, is ook breedweg in hoofstuk 1 gemotiveer, verduidelik en toegelig (kyk 1.5 en 1.6); verdere toeligting in hierdie verband is ter plaatse in hoofstuk 5 gegee (kyk 5.2, 5.3 en 5.4).

Die eerste *teoretiese* mikpunt was die ontwikkeling van 'n begronde beskouing oor doeltreffende onderrig en die onderskeie wesenstrekke daarvan. Hiertoe is die positivistiese en post-positivistiese onderrigtradisies ten aanvang krities in hoofstuk 2 ontleed (kyk 2.2 en 2.3). Op grond hiervan is 'n teoretiese raamwerk ontwikkel waarvolgens doeltreffende onderrig op 'n geïntegreerde 'ontologies-kontekstuele' wyse in terme van die samehangende wesenstrekke: *intensie*, *onderriggewer*, *leerder*, *interaksie*, *inhoud* en *konteks* gekarakteriseer (kyk 2.4).

Die tweede teoretiese mikpunt was om die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende onderrig in die besonder vir skoolwiskunde te ontwikkel. Hiertoe is 'n aantal heersende en invloedryke produk- en prosesbeskouings oor en -benaderings tot skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan eers krities in hoofstuk 3 ontleed. Vervolgens is die geïdentifiseerde wesenstrekke van doeltreffende skoolwiskunde-onderrig afsonderlik in hoofstuk 4 beredeneer (kyk 4.2), waarna 'n geïntegreerde sinopsis van doeltreffende skoolwiskundeonderrig gestel is (kyk 4.3).

Die finale mikpunt was om die implikasies van 'n ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers te bepaal. Hiertoe is 'n model vir die voordiens-opleiding, in die besonder vir die didaktiese skolingskomponent, op grond van hoofstukke 2 tot 4 en verdere toepaslike literatuur voorgestel (kyk 5.3.2 en 5.3.3). Daarna is die praktiese implikasies daarvan geïdentifiseer en empiries by die betrokke opleidings-instansies in Noordwes ondersoek (kyk 5.3.4 tot 5.3.7). Op grond van die ontleding van spesifieke beskouings oor doeltreffende (skoolwiskunde-) onderrig in hoofstukke 2 en 4, is finalejaar wiskundeonderwysstudente, hulle wiskundedosente, die vak-adviseurs vir wiskunde en 'n geselekteerde groep gekeurde wiskundeonderwysers in Noordwes se beskouings oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig ook ter afronding van hierdie studie empiries ondersoek en met die betrokke didaktiese skoling in verband gebring (kyk 5.4).

Die hoofbevindings van die studie word vervolgens gestel. In ooreenstemming met die aard van die doelstellings, word 'n onderskeid gemaak tussen bevindings op 'n teoretiese en dié op 'n praktiese of empiriese vlak.

6.3 BEVINDINGS

6.3.1 Teoretiese bevindings

6.3.1.1 Die onderrigteoretiese en skoolwiskundevlakke

Ten eerste is bevind dat behavioristiesgebaseerde positivistiese beskouings oor onderrig, wat 'n lineêre oorsaaklike verband tussen onderrig en leer veronderstel, 'n gebrekkige onderrigteoretiese onderbou vertoon. Daardeur word die moontlikheid van doeltreffende onderrig in gevalle waar hoër-orde leer ter sprake is, grootliks beperk (kyk 2.2.2, 2.3 en Figuur 2.3). Daarteenoor is bevind dat die gemelde gebreke oorkom kan word indien onderrig vanuit 'n konstruktivistiesgebaseerde post-positivistiese onderrigteorie begrond en benader word. Hierin word 'n nie-lineêre meer-dimensionele afhanklikheidsverband tussen onderrig en leer veronderstel en word

vereis dat die 'ekologie' van die onderrigsituasie integrerend verreken moet word (kyk 2.2.3, 2.4 en Figuur 2.4).

In die besonder is bevind dat onderrig 'n komplekse menslike opvoedingshandeling is waarvolgens een persoon intensioneel en begeleidend binne 'n sekere opset met 'n ander persoon, wat nie oor sekere kennis, vaardighede, ingesteldhede of 'n ander vorm van kennis beskik nie, in interaksie tree. Die doel hiervan is dat laasgenoemde in staat gestel word om 'n vooropgestelde doel aan die hand van bepaalde leerinhoud te kan verwesenlik (kyk 2.4.1). Ontologies-kontekstueel beskou, kom dit daarop neer dat 'n onderrigsituasie ontstaan sodra die wesenstrekke: *intensie*, *onderriggewer*, *leerder*, *interaksie*, *leerinhoud* en *konteks* gelyktydig en in samehang voorkom (kyk Figuur 2.2). Hierdie bevinding verteenwoordig 'n wesenlike verbreding van die teoretiese vertrekpunt van die ontologies-kontekstuele onderrigbeskouing, soos deur Fenstermacher (1986) en Steyn (1988) geformuleer.

Wat die doel van onderrig betref, is bevind dat leer nie as 'n direkte gevolg van onderrig beskou kan word nie, maar wel indirek en gesamentlik uit die onderriggewer en die leerder se interaktiewe handelinge in die onderrigsituasie spruit. Die doel van onderrig veronderstel naamlik 'n proses-prosesverband tussen die twee komplekse handelinge onderrig en leer. Hiervolgens is die doel van onderrig die bemoontliking of aktualisering van relevante leerhandelinge in die spesifieke opset waarin die onderrig en die bedoelde leer (moet) plaasvind. Dit behels die 'van-binne-na-buite'-ontsluiting van die leerder vir die leer (-handeling), én van die leerinhoud vir die leerder sodat s/hy relevante leertake aan die hand daarvan kan uitvoer en kan leer, leer om te leer en leer hoe om te leer (kyk 2.4.2).

Pertinente bevindings met betrekking tot die samehang en aard van die onderskeie wesenstrekke van doeltreffende onderrig, in die besonder van skoolwiskunde-onderrig, is breedvoerig en in teoreties-operasionele terme in 2.4.3 en 4.2 afgelei; dit word daarom nie hier in besonderhede herhaal nie. Samevattend kom die kern hiervan egter op die volgende neer:

- (Skoolwiskunde-) onderrig is doeltreffend in die mate waarin die samehangende teenwoordigheid van die wesentrekke van die onderrig individuele leerders, in die bepaalde opset, in staat stel om te leer. Die mate van sukses wat leerders met betrekking tot die uitvoering van relevante leertake behaal, bepaal die doeltreffendheid van die onderrig. Die onderrigintensie behoort daarom duidelik en operasioneel in terme van aktiewe, konstruktiewe en kumulatiewe leerhandelinge en –uitkomste geformuleer te word.

- Die rol van die *onderriggewer* is dié van verantwoordelike en deskundige leier, entoesiastiese begeleier, empatieke fasiliteerder en ywerige, vaardige rolmodel; in kort: dié van medemenslike leerbemoontliker en geleentheid-skepper.

- Die rol van die *leerder* is dié van aktiewe, konstruktiewe, handelende, (na-) denkende en samewerkende medewerker; in kort: dié van doelgerigte en outentieke betekenisgewende geleentheidbenutter.

- Die *interaksie* behoort outentiek medemenslik van aard te wees, doelgerig om die leerder in staat te stel om betekenis aan onderrig- én aan eie en ander se leerhandelinge te gee, sonder om die leerder se volgehoue aktiewe, konstruktiewe en kreatiewe aandeel aan die onderrig-leergebeure funksioneel te beperk.

- Die *leerinhoud* se funksie is dié van beste-instrument-tot-doelbereiking. Leerinhoud moet dus doelbepaald, en in aansluiting by die leerder se bestaande kennis-, begrips-, ontwikkelings- en ervaringsvlak, gekies en georden word. In kort: leerinhoud moet die skep van betekenisvolle leergeleenthede vir die leerders moontlik (help) maak.

- Die *konteks* van die onderrig moet relevante, betekenisvolle, self-aktiewe en kreatiewe leerhandelinge moontlik maak. Outentieke (wiskundige) probleem-oplossing in 'n werkliheidsverwante, en samewerking en onderhandeling tussen die persone in die onderrigsituasie vervul ten opsigte hiervan 'n kern-funksie.

Met betrekking tot die verloop van doeltreffende (skoolwiskunde-) onderrig, is bevind dat, hoewel bepaalde onderrigfunksies geïdentifiseer kan word wat met sekere doeltreffende onderriguitkomste geassosieer kan word, 'n aanpasbare, geïntegreerde en doelgeoriënteerde benadering gevolg behoort te word (kyk 2.4.4). Dit kom daarop neer dat (skoolwiskunde-) onderriggewers spesifieke onderrigwerkwyses op grond van die besondere onderrig-leerdoel sal kies en saamstel. Hiertoe moet die betrokke leerders se hoedanighede, die aard van die betrokke leerinhoud en 'n verskeidenheid ekologies-kontekstuele faktore in ag geneem word om outentieke en betekenisvolle leergeleenthede, in 'n geskikte opset vir die betrokke leerders daar te stel (kyk 4.2 en 4.3). Dit impliseer dat die onderriggewer 'n veelheid van onderrigwyses of -modelle moet (kan) gebruik om verskillende soorte en vlakke van leer moontlik te maak. Byvoorbeeld, wanneer basiese feite of konvensies, algoritmiese prosedures of elementêre vaardighede geleer moet word, is 'n *direkte* onderrigbenadering gepas,

maar wanneer hoër-orde leer, soos abstraksie, verbandlegging of bewysvoering, moet plaasvind, is 'n *indirekte* ondersoek- en probleemoplossingbenadering in 'n koöperatiewe leer verband egter noodsaaklik.

Aanvullend tot voorgaande bevindings is pertinente bevindings met betrekking tot skoolwiskunde en die onderrig en die leer daarvan in 3.2 tot 3.4 gemaak; dit word eweneens nie hier herhaal nie, maar die kern daarvan word soos volg saamgevat:

- Skoolwiskunde is te onderskei van wiskunde as 'n algemene akademiese dissipline, maar dit vertoon eweneens 'n veelvoudige aard: daar is formele, instrumentele én dinamiese elemente. As 'n leerarea of –dissipline behoort dit egter as 'n menslike aktiwiteit vanuit 'n dinamiese groei-en-verander-perspektief beskou en benader te word (kyk 3.2.2).
- Vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief vereis die interaktiewe handelingsaard van onderrig en leer dat 'n proses-, eerder as 'n produkbeskouing en -benadering met betrekking tot die onderrig en die leer van skoolwiskunde bevorderlik vir die doeltreffende onderrig en die betekenisvolle leer daarvan is (kyk 3.4.3).
- Die suksesvolle implementering van enige sodanige doeltreffende proses-beskouing en -benadering berus in 'n bepalende mate op die ontwikkeling en die volgehoue uitbreiding van 'n ondersteunende begronde navorsingsbasis. Verder vereis dit ook dat daar grondig oor die skoolwiskundekurrikulum en die voordiens- én die indiensopleiding van wiskundeonderwysers herbesin moet word (kyk 3.4.3.3). Die argumente in 4.2 en 4.3, en die riglyne, wat op grond daarvan afgelei is, toon dat die ontologies-kontekstuele beskouing, wat in hierdie studie begrond en ontwikkel is (kyk 2.4), die formulering van 'n geïntegreerde beskouing en -benadering ten opsigte van doeltreffende skoolwiskundeonderrig moontlik maak. Die argumente in 2.2.3, 2.3 en 2.4 toon dat laasgenoemde bevinding ook op ander onderrig-leerareas van toepassing gemaak kan word.

6.3.1.2 Die voordiens-didaktiese skolingsvlak van wiskundeonderwysers

Die argumente in 4.2, 4.3 en dié in 5.3 toon dat die invoering van 'n geïntegreerde doeltreffende benadering tot skoolwiskundeonderrig van 'n grondige herbesinning en herstrukturering van die voordiens- en indiensopleiding van wiskundeonderwysers afhanklik is. Hulle benodig naamlik 'n bepaalde nie-tradisionele didaktiese geskooldheid of toerusting om vanuit sodanige nuwe paradigma skoolwiskundeonderrig te

gee. Die ontologies-kontekstuele perspektief bied ook in hierdie verband bepaalde moontlikhede en voordele (kyk 5.3). In die besonder impliseer elkeen van die onderhouditems, wat ter plaatse in 5.3.3 en 5.3.4 gestel is, maar nie hier herhaal word nie, 'n teoretiese bevinding, wat oorweeg behoort te word. Die volgende teoretiese bevindings is op grond van die geheelaard van die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende onderrig gestel (kyk 5.3.3 en 5.3.4):

- Die onderskeie komponente van die voordiens-didaktiese skolingsituasie, te wete *basiese opvoedkunde*, *akademiese wiskunde*, *wiskundedidaktiek* en *praktiese onderrig* (kyk Figuur 5.1), moet 'n integrale, gebalanseerde en niestrydige eenheid vorm. Die uitkomste van die afsonderlike komponente moet tot die doeltreffende didaktiese skoling van die betrokke studente meewerk.
- 'n Werkende vennootskap en gereelde betekenisvolle interaksie tussen die opleidings-, praktyk- en beleidsvlakke is noodsaaklik vir die doeltreffende verloop en verwesenliking van die gewenste uitkomste van die voordiensopleiding van wiskundeonderwysers, in die besonder hul didaktiese skoling.
- Dit is noodsaaklik dat die voordiens-didaktiese skoling in 'n relevante werklikheidsverwante konteks geskied. In die besonder, behoort daar doeltreffende geleentheid vir objektiewe besinning oor en reflektering op bestudeerde teorieë, waargenome praktyke en ervaringe geskep te word. Hiertoe is dit noodsaaklik dat daar by tye ook 'kliniese afstand' van die werklikheid verkry moet word.
- Daar is 'n noodwendige band tussen die didaktiese skolingsituasie en die praktiese wiskunde- en skoolwiskundeonderrigvelde. Dit vereis dat relevante tegnologiese ontwikkelinge en media, wat die studente se konseptuele begrip en praktiese vaardigheid ten opsigte die didaktiese skolingsinhoude kan bevorder, sover moontlik in die opleiding geïntegreer en benut word.

Die argumente in hoofstukke 2, 3 en 4 rakende die invloed van beskouings oor doeltreffende onderrig op skoolwiskundeonderrig en die wesenstrekke daarvan lei tot die volgende teoretiese bevinding:

- Die betrokke voordiens-didaktiese skoling moet funksioneel bydra tot die vorming én ontwikkeling van beskouings by studente oor onderrig en die wesenstrekke daarvan, wat doeltreffende skoolwiskundeonderrig in 'n ontologies-kontekstuele sin kan bevorder.

6.3.2 Empiriese bevindings

'n Eerste kernbevinding is dat wiskundeonderwysstudente geneig is om hulle skoolwiskundeonderrig in 'n baie hoë mate op die voorbeeld van 'n spesifieke wiskundeonderwyser of -dosent te modelleer, en dat baie min van hulle teen die einde van hul opleiding reeds 'n eie styl van skoolwiskundeonderrig ontwikkel het (kyk 5.3.4.2 en Tabel 5.4).

Die empiriese ondersoek het verder tot die volgende hoofbevindings rakende die praktiese voordiens-didaktiese skolingsituasie van wiskundeonderwysers in Noordwes gelei:

- 'n Bevinding wat herhaaldelik na vore kom, is dat die betrokke voordiens-didaktiese skoling vanuit die praktykveld betekenisvol *minder* suksesvol as vanuit die opleidingsveld beoordeel word. Dit geld in die besonder ten opsigte van die vaardigheidsaspekte van die opleiding (kyk 5.3.4.3), asook studente se bevoegdheid om meetkunde te onderrig (kyk 5.3.4.4).
- 'n Verdere algemene bevinding is dat studente oor die algemeen hulle kennis en vaardighede om skoolwiskunde doeltreffend in die multi-kulturele Suid-Afrikaanse skoolopset en vanuit 'n post-positivistiese perspektief te onderrig, oorskat.
- Hoewel dosente eenparig saamstem dat die voordiens-didaktiese skoling 'n integrale eenheid behoort te vorm, is bevind dat die huidige skoling grootliks gefragmenteer is en dat die uitkomste van die afsonderlike komponente daarvan tans nie bymekaar aansluiting vind nie. Die wiskundedidaktiek- en praktiese onderrigopleiding vul mekaar egter na die oordeel van die respondente goed aan (kyk 5.3.4.2).
- Dosente is eenparig in hulle strewe dat die betrokke skoling aan studente die geleentheid moet bied om self toepaslike en doeltreffende onderrig-, leer- en evalueringswyses vir skoolwiskunde te ontdek en te ontwikkel. Tog is bevind dat dit slegs in een geval in 'n betekenisvolle mate gebeur; origens is die teendeel eerder waar: spesifieke werkwyses word op 'n voorskriftelike wyse aan die studente 'oorgedra' (kyk 5.3.4.3).
- Na die oordeel van aldrie respondentgroepe word die kennis- en vaardigheidsdoelstellings van die betrokke skoling tans in 'n bevredigende mate bereik. Die houding jeens skoolwiskunde en die onderrig daarvan waarmee primêreskoolstudente tot die opleiding toetree, is oor die algemeen 'negatief'

en die betrokke skoling slaag ook nie daarin om dit betekenisvol te verbeter nie (kyk 5.3.4.3 en 5.3.4.4).

- Die respondente beskou die huidige skolingsinhoud as te teoreties, maar tog hoofsaaklik praktykrelevant en toepaslik. Ontologies-kontekstueel beskou, ondersteun die inhoud egter eerder positivistiese oordrag-, as post-positivistiese leerbemoontlikende skoolwiskundeonderrig (kyk 5.3.4.4 en Tabel 5.12).
- In terme van die ontologies-kontekstuele eis met betrekking tot die wiskundeonderwyser se wiskundige deskundigheid en vaardigheid (kyk 4.2.4.2), is bevind dat die primêreskoolwiskundestudente nie 'n voldoende hoëvlak van wiskundeleer bereik nie. Daarteenoor is die respondente egter tevrede met die hoogste vlak van wiskundeleer wat bereik word (kyk 5.3.4.4).
- Met die uitsondering van een instansie, tree dosente in die didaktiese skolingsituasie om praktiese redes hoofsaaklik direktief-voorskrywend, eerder as fasiliterend op. Studente tree dan ook hoofsaaklik passief-ontvangend, eerder as konstruktief-handelend op (kyk 5.3.4.5).
- Daar is min, indien enige sprake van 'n funksionele werkende vennootskap tussen die betrokke opleidings- en praktykvlakke. Daarby is die mate van skakeling tussen die betrokke opleidings-, praktyk- en beleidsvlakke swak, indien dit enigsins bestaan. Ontologies-kontekstueel beskou, ontbreek 'n voldoende realistiese probleemoplossingskonteks dus in die betrokke skolingsituasie (kyk 5.3.4.6). Voorts is die evalueringskonteks eng tradisioneel en produkgerig, eerder as holisties en geïntegreerd deel van die onderrig-leerprogram.
- Die skoling vind oor die algemeen in 'onderbemiddelde' werkplekke plaas, in die afwesigheid van noodsaaklike hulpbronne, soos funksionele en toepaslike biblioteekfasiliteite, vakliteratuur en tegnologiese media.
- Waar die skoling in 'n klimaat van sterk eksterne beheer plaasvind, word kreatiewe besluitneming met betrekking tot vernuwende inisiatiewe grootliks geïnhibeer en word die verantwoordelikheid vir 'n verandering van die situasie in 'n beduidende mate 'ekstern verplaas'.
- In die enkele geval waar die didaktiese skoling by wyse van 'n intensiewe konstruktivisties-gebaseerde en probleemgesentreerde program oor 'n uitgebreide tydperk in funksioneel bemiddelde omstandighede geskied, vertoon die uitkomste daarvan trekke, wat ontologies-kontekstueel beskou, bevorder-

lik vir doeltreffende skoolwiskundeonderrig kan wees (vergelyk ook Quinn, 1998: 237-238; Grant, Peterson & Shojgreen-Downer, 1996:535).

Saamgevat dui voorgaande daarop dat aldrie respondentgroepe van mening is dat die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in Noordwes hulle met die kennis, vaardighede en ingesteldhede, wat in 4.2.4.2 vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief afgelei is, moet toerus. Dit blyk egter ook dat dosente redelik eenstemmig is dat dit *nie* tans gebeur nie en dat die tradisionele oordrag-benadering in die didaktiese skoling vervang moet word met 'nuwe' werkwyses, soortgelyk aan dié wat in hoofstuk 2 tot 4 bepleit is. Dit is egter duidelik dat sekere struikelblokke tans hierdie transformasie inhibeer, naamlik: te min geskeduleerde tyd vir die skoling om 'anders' te kan verloop; 'n negatiewe ingesteldheid teenoor skool-wiskunde en 'nuwe' werkwyses by studente; en onvoldoende praktiese blootstelling aan en ervaring van skoolwiskundeonderrig. Verder blyk dat laasgenoemde situasie daartoe lei dat dosente én studente die impak van die huidige opleiding oorskat.

Die empiriese ondersoek het verder tot die volgende bevinding rakende die persone in die skolingsituasie se beskouings oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig gelei:

- Ontologies-kontekstueel beskou, huldig die opleiers (dosente) in 'n redelike mate beskouings oor onderrig en die wesenstrekke daarvan, wat bevorderlik vir doeltreffende skoolwiskundeonderrig is. Daarenteen vorm of ontwikkel die betrokke studente egter *nie* sodanige beskouings in 'n betekenisvolle mate nie (kyk 5.4.2.2). Trouens, oor die algemeen huldig die afstuderende studente in 'n beduidende mate 'n Platoniese formalisties-statiese beskouing oor skool-wiskunde en 'n tradisionele oordragbeskouing oor die onderrig daarvan.

In die geheel is bevind dat die betrokke didaktiese skoling tans grootliks die positivis-tiese tradisie van skoolwiskundeonderrig voortsit, eerder as om tot 'n post-positivis-tiese transformasie daarvan by te dra. Dit blyk egter dat 'n aparte intensiewe en konstuktivisties-gebaseerde wiskundedidaktiekopleiding, wat oor 'n uitgebreide tyd-perk strek, egter wel tot sodanige transformasie kan bydra.

Die volgende gevolgtrekkings volg uit voormelde bevindings, asook uit die bevindings wat in vorige hoofstukke gestel is. Daar word weer tussen twee vlakke onderskei: die onderrigteoretiese vlak en die voordiens-didaktiese skolingsvlak van wiskunde-onderwysers.

6.4 GEVOLGTREKKINGS

6.4.1 Die onderrigteoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig

Een van die doelstellings in hierdie ondersoek, was om 'n begronde onderrigteoretiese basis daar te stel op grond waarvan die problematiek van doeltreffende (skoolwiskunde-) onderrig, en voordiens-didaktiese skoling daartoe, beskou en benader kon word (kyk 1.1). In hierdie verband lei die beredeneringe en bevindings in hoofstukke 2 en 4, en die wisselwerking daartussen, tot die volgende kerngevolgtrekkings:

- Die ontologies-kontekstuele perspektief bied 'n bruikbare begronde teoretiese raamwerk aan die hand waarvan (skoolwiskunde-) onderrig-leerprobleme fundamenteel grondig verstaan, ontleed en opgelos kan word.
- Die ontologies-kontekstuele onderrigbeskouing bied verder 'n begronde teoretiese én operasionele raamwerk in die lig waarvan 'nuwe' onderrig-leerprogramme, soos dié wat in Kurrikulum 2005 ter sprake is, begrond, ontleed, geëvalueer en (her-) gestruktureer kan word.
- Deur 'n spesifieke vakonderrigveld in 'n algemene onderrigteoretiese raamwerk in te bed, soos in hierdie geval met skoolwiskundeonderrig gedoen is, bied 'n bruikbare begronde moontlikheid om fundamentele onderrig-leerproblematiek vanuit 'n 'wyer' hoek te beskou, te benader en op te los. Dit is moontlik omdat beperkinge, wat uit eng 'dissiplinedenke' spruit, sodoende oorkom kan word (kyk 2.4 en 4.2).
- Ten einde suksesvol op 'n begronde en geïntegreerde wyse met doeltreffende onderrig, in die besonder van skoolwiskunde, te handel, is dit noodsaaklik dat die ontologiese wesenstrekke van die onderrigverskynsel, sowel as die kontekstuele samehang daarvan, geïdentifiseer, begrond, ontleed en verreken word (vergelyk 2.4 en 4.2).

6.4.2 Die voordiens-didaktiese skolingsvlak van wiskundeonderwysers

Op grond van die beredeneringe en die bevindinge in hierdie dokument (kyk 2.2 tot 2.4, 3.2 tot 3.4, 4.2 en 4.3, en 5.3) word afgelei dat:

- (skoolwiskunde-) onderrig vanuit 'n geïntegreerde post-positivistiese perspektief beskou en benader behoort te word ten einde doeltreffend te wees;

- doeltreffende skoolwiskundeonderrig in wiskundeonderwysers se voordiens-didaktiese skoling vanuit 'n geïntegreerde post-positivistiese perspektief bestudeer behoort te word;
- die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in geheel vanuit 'n geïntegreerde post-positivistiese perspektief beskou en benader behoort te word.

In laasgenoemde verband word oorhoofs geïmpliseer dat die komponente van die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers in Noordwes, asook die uitkomste daarvan, 'n samehangende eenheid behoort te vorm. Uit hierdie ondersoek word egter afgelei dat dit tans *nie* die geval in die betrokke opleidingsprogram is nie. Trouens, die huidige voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers word eerder deur fragmentasie, 'n gebrek aan koördinasie tussen die samestellende komponente daarvan, en ondoeltreffende wisselwerking tussen die betrokke opleidings-, praktyk- en beleidsvlakke gekenmerk. Daarby ontbeer die didaktiese skoling in 'n hoë mate die voordele van 'n werkende vennootskap met die praktyk-veld, en die benutting van relevante en toepaslike tegnologiese media en hulp-bronne, soos vakliteratuur.

Verder word ook afgelei dat die betrokke didaktiese skoling, ontologies-kontekstueel beskou, *nie* doeltreffend verloop en afloop nie. Dit rus die voornemende wiskunde-onderwyser ook nie met fundamentele beskouings oor onderrig, wat noodsaaklik is om skoolwiskunde doeltreffend vanuit 'n post-positivistiese perspektief te onderrig, toe nie. In die lig van die invoering van die uitkomsgebaseerde Kurrikulum 2005 in Suid-Afrikaanse skole (Nasionale Departement van Onderwys, 1996,1997) word verder afgelei dat die huidige voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers in Noordwes *nie* aan die eis van praktykrelevansie voldoen nie. Dit kan verder geargumenteer word dat dieselfde gevolgtrekking ook in die lig van die toenemende multi-kulturele en inklusiewe aard van 'gewone' skoolwiskundeonderwys (*ibid.*) gemaak kan word.

Uit die bevindings van die totale ondersoek word afgelei dat die studente se ervaring of blootstelling aan voorskriftelike skoolwiskundeonderrig, gedurende hulle skooljare en hulle akademiese wiskundeopleiding, tot 'n soortgelyke positivistiese beskouing oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig en die wesenstrekke daarvan by hulle lei. Die uitwerking hiervan is so kragtig dat op een na die didaktiese skolingsprogramme, wat ondersoek is, nie geskik is om alternatiewe post-positivistiese beskouings te vorm en te ontwikkel nie (vergelyk ook die argumente van Grant *et al.*, 1996).

In die lig hiervan, en van die sterk invloed van wiskundeonderwysers en –dosente as rolmodelle van skoolwiskundeonderriggewers (kyk 5.3.4.1), word afgelei dat 'n transformasie van die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers hand aan hand gaan met 'n kongruente transformasie van skoolwiskundeonderrig. Vernuwing in die een veld kan dus nie onafhanklik van 'n ooreenstemmende vernuwing in die ander veld beskou en benader word nie.

Die volgende aanbevelings word nou op grond van hierdie ondersoek gestel, en wel op die twee vlakke waarop die doelstellings van hierdie studie gestel is (kyk 1.3).

6.5 AANBEVELINGS

6.5.1 Die onderrig-teoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig

In hulle gesaghebbende oorsigwerk kom Wang *et al.* (1993:280) tot die slotsom dat faktore wat direk met die plek(ke) waar leer plaasvind, verband hou, verreweg die grootste invloed op die gehalte van die leer wat plaasvind, uitoefen. In die besonder impliseer dit dat onderriggewers onderrigsituasies sodanig moet struktureer en laat verloop dat dit betekenisvolle leer, in die besonder van skoolwiskunde, moontlik kan maak. In die lig hiervan, en op grond van voormelde gevolgtrekkings rakende die werkbaarheid van 'n ontologies-kontekstuele teoretiese verwysingsraamwerk vir doeltreffende (skoolwiskunde-) onderrig, word aanbeveel dat:

- die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende skoolwiskunde-onderrig, wat in hierdie studie ontwikkel is (kyk 4.2), toegepas word om die bestaande en voorgestelde 'nuwe' skoolwiskundeonderrig-leerwerkwyses te begrond, te ontleed, te evalueer en te (her-) struktureer;
- die algemene ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende onderrig, wat in hierdie studie ontwikkel is (kyk 2.4) en vir skoolwiskunde verbesonder is (kyk 4.2), ook vir ander vakspesifieke kontekste verbesonder word om onderrig-leerprogramme te begrond, te ontleed, te evalueer en te (her-) struktureer;
- die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende (skoolwiskunde-) onderrig verder ontwikkel word tot 'n begronde operasionele didaktiese teorie van doeltreffende onderrig, in die besonder van skoolwiskunde, maar ook van ander leerareas.

6.5.2 Die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers

In aansluiting by voormelde aanbevelings ten opsigte van die verbesondering van die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende onderrig word verder aanbeveel dat:

- die ontologies-kontekstuele beskouing oor doeltreffende onderrig spesifiek verbesonder word om 'n begronde program vir die doeltreffende voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers daar te stel en te implementeer.

Met betrekking tot die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers word voorts spesifiek aanbeveel dat:

- die betrokke opleidingspersoneel in 'n netwerkverband, en in oorleg met die betrokke studente, 'n samehangende strategie beplan en implementeer om die onderskeie komponente van die wiskundedidaktiese skolingsprogram tot 'n doeltreffende geheelstruktuur te integreer (kyk 5.3.3), met inagneming van die ander vakdidaktiese skolingsprogramme;
- die komponentprogramme sodanig gekoördineer word dat die uitkomste daarvan afsonderlik en samehangend tot die doeltreffende didaktiese skoling van wiskundeonderwysers kan bydra;
- 'n werkende, funksionele samewerkingsnetwerk tussen die betrokke persone op die opleidings-, praktyk- en beleidsvlakke gevorm en ontwikkel word om 'n doeltreffende konteks te skep waarbinne wiskundeonderwysstudente doelgerig en op 'n praktykrelevante wyse betekenisvolle onderrig-leergeleenthede kan ervaar en benut;
- hierdie samewerkingsnetwerk gebruik word om geskikte kandidate vir opleiding as wiskundeonderwysers, te identifiseer en te werf, asook om geskikte persone wat tydens praktiese onderrigopleiding as mentore vir die studente kan optree;
- wiskundeopleiding tot op graad 12-vlak as 'n voorvereiste vir opleiding as wiskundeonderwyser gestel word;
- van voornemende wiskundeonderwysers vereis word om wiskundeinhoude, wat hulle begrip en insig van skoolwiskunde ondersteun en uitbou, asook die historiese ontwikkeling van wiskunde as menslike handeling en akademiese dissipline, op 'n naskoolse of tersiêre vlak te bestudeer;

- die verantwoordelike wiskundepersoneel, in oorleg met belanghebbendes in voormelde twee samewerkingsnetwerke, 'n aparte, intensiewe en ontologies-kontekstueelgebaseerde skoolwiskundedidaktiekprogram oor die volle duur van die student se voordiens-opleiding beplan, implementeer en deurlopend evalueer;
- 'n komprehensiewe evalueringsprogram, wat op die geheel van studente se kennis, vaardighede en ingesteldhede as skoolwiskundeonderriggewer gerig is, in voormelde wiskundedidaktiese skolingsprogram geïntegreer word;
- die optimale benutting van toepaslike en praktykrelevante tegnologiese media en vakliteratuur oorweeg en geïmplementeer word;
- alle wiskundepersoneel, wat vir die betrokke voordiens-didaktiese skoling verantwoordelik is, spesifiek opgelei word om die voormelde aanbevelings met betrekking tot die transformasie van die opleiding doeltreffend te kan beplan, te implementeer en deurlopend te evalueer;
- dat die betrokke personeel aangemoedig, in geleentheid gestel en ondersteun word om hulle deur wetenskaplike studie en volgehoue navorsing op die terrein verder te bekwaam;
- die instelling van 'n internskap voor registrasie vir wiskundeonderwysers oorweeg word.

Ten slotte word bepaalde terreine vir verdere ondersoek, wat met betrekking tot die uitvoering van voormelde aanbevelings noodsaaklik is, aangedui.

6.6 TERREINE VIR VERDERE ONDERSOEK

6.6.1 Die onderrigteoretiese vlak en skoolwiskundeonderrig

Verdere didakties-teoretiese navorsing vanuit 'n ontologies-kontekstuele perspektief, in die besonder met betrekking tot doeltreffende skoolwiskunde, is noodsaaklik om die algemene en vakspesifieke teoretiese raamwerke wat in hierdie studie ontwikkel is, te evalueer en tot volwaardige begronde didaktiese en vakdidaktiese teorieë te ontwikkel en te operasionaliseer. Soortgelyk, kan verdere begronde en operasionele ontologies-kontekstueelgebaseerde vakonderrigteorieë net deur middel van verantwoordbare didakties-teoretiese navorsing tot stand gebring word.

Spesifieke navorsing is noodsaaklik om operasionele kriteria te bepaal waaraan die wesenstrekke van skoolwiskundeonderrig moet voldoen ten einde doeltreffend te wees, asook om kontekstuele faktore, wat die doeltreffende verloop van skool-

wiskundeonderrig beïnvloed, te identifiseer, te ontleed, te kwalifiseer en te verreken. Voorts moet doeltreffende relevante en toepaslike onderrig-leer- en evalueringswerkwyses met betrekking tot skoolwiskunde deur navorsing bepaal, ontleed, gekwalifiseer en ontwikkel word.

6.6.2 Die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers

Elkeen van die navorsingsfokusse wat in 6.6.1 aangedui is, behoort op 'n soortgelyke wyse op die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers toegepas te word. In die besonder dui elke aspek, wat in hierdie verband in die voorgaande uiteensetting van die aanbevelings vermeld is, op 'n behoefte- of probleemarea wat deur doelgerigte en verantwoordbare navorsing ondersoek, ontleed, gekwalifiseer of geëvalueer behoort te word, byvoorbeeld om:

- 'n ontologies-kontekstueelgebaseerde voordiens-didaktiese skolingsprogram van wiskundeonderwysers, met inbegrip van 'n komprekensiewe en integrale evalueringsprogram, te ontwikkel, te implementeer en te evalueer;
- die invloed van sodanige 'nuwe' skolingsprogram op die betrokke studente se fundamentele beskouings oor doeltreffende skoolwiskundeonderrig en die wesenstrekke daarvan, te bepaal en te verklaar;
- toepaslike en relevante werkwyses te bepaal en die doeltreffendheid daarvan in verskillende opleidingskontekste te meet en te vergelyk;
- kriteria waaraan die wesenstrekke van die didaktiese skoling moet voldoen ten einde doeltreffend te wees, asook verskillende kognitiewe, affektiewe, konatiewe en kontekstuele faktore wat die doeltreffendheid van die skoling beïnvloed, en die invloed van toepaslike en relevante tegnologiese media, vakliteratuur en ander hulpbronne in hierdie verband, te bepaal, te ontleed, te kwalifiseer en te evalueer.

In kort, doelgerigte toegepsitste navorsing is noodsaaklik ten einde uitvoering te gee aan elkeen van die implikasies van die ontologies-kontekstuele perspektief vir die voordiens-didaktiese skoling van wiskundeonderwysers, wat in hierdie studie geïdentifiseer is, in die besonder dié wat pertinent in 5.3 en 5.4 gestel is.

6.7 SLOTWOORD

In hierdie hoofstuk is die studie afgerond met 'n samevatting van die hele proses wat in hoofstuk 1 voorsien is (kyk Figuur 1.1), gevolg deur 'n samevatting van die hoofbevindings van die studie, die kerngevolgtrekkings wat daaruit gevolg het, die

aanbevelings wat op grond daarvan gemaak is en 'n aanduiding van voortspruitende navorsingsbehoeftes en –probleme.

In hierdie studie is gepoog om die besondere en verruimende wisselwerking tussen die algemene en vakdidaktiese terreine en –navorsing in die twee kontekste van *doeltreffende skoolwiskundeonderrig* en die *gepaardgaande voordiens-didaktiese skoling* te ondersoek en vir verdere eksplorasie bloot te lê. Daar is in die besonder gepoog om dit op 'n begronde en geïntegreerde wyse, tot die voordeel van beide terreine, te doen.

BIBLIOGRAFIE

ADLER, J. 1991. Into the future? An analysis of the working document for mathematics: std 2-4. [*In* Olivier, A.I., *red.* Wiskundeverrigtinge. Veertiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys, Universiteit van Kaapstad, 1-5 Julie 1991. Kaapstad: WGSA. p. 1-19.]

AMESA CURRICULUM COMMITTEE. 1996. Reports. (20 November 1996.) Port Elizabeth: AMESA.

ANDERSON, L.W. 1989. The effective teacher: study guide and readings. New York: Random House.

APPEL, M. & APPEL, S. 1987. A critique of CAI: the case of SERGO. *Suid-Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 7(4):278-282.

ARTZT, A.F. & NEWMAN, C.M. 1990. Cooperative learning. *Mathematics teacher*, 83(6):448-452.

ASHTON, P. 1985. Motivation and the teacher's sense of efficacy. [*In* Ames, C. & Ames, R., *eds.* Research on motivation in education. Volume 2: The classroom milieu. New York: Academic Press. p. 141-171.]

ATWEH, B., BLEICHER, R.E. & COOPER, T.J. 1998. The construction of the social context of mathematics classrooms: a sociolinguistic analysis. *Journal for research in mathematics education*, 29(1):63-82.

AUSUBEL, D. 1963. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton.

BARNARD, J.J. 1989. Basiese wiskundige begrippe. [*In* Oosthuizen, W.L., *red.* Wiskunde: hoe, wat en waarom? Referate gelewer by die Dertiende Nasionale Konvensie vir Wiskunde-, Natuur-en-Skeikunde- en Biologieonderwys, Technikon Pretoria, 3-7 Julie 1989. Pretoria: WGSA. p. 10-32.]

BATTISTA, M.T. 1994. Teacher beliefs and the reform movement in mathematics education. *Phi Delta Kappan*, 75(6):462-470.

BAUERSFELD, H. 1988. Interaction, construction, and knowledge: alternative perspectives for mathematics education. [*In* Grouws, D.A., Cooney, T.J. & Jones, D., *eds.* Research agenda for mathematics education: perspectives on effec-

tive mathematics teaching. Volume 1. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/NCTM. p. 27-46.]

BAUGHAN, H. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 18 September 1997. Taung College of Education, Pudimoe. (Kassetopname in besit van outeur.)

BAXTER, M.M. 1995. Effektiewe klaskamerklimaat vir wiskundeonderrig in sekondêre skole. Potchefstroom: PU vir CHO. (Skripsie - M.Ed.)

BENNETT, D. 1995. Pythagoras plugged in proofs and problems for The Geometer's Sketchpad®. Berkeley, Cal.: Key Curriculum Press.

BENNETT, S.N. 1987. Recent research on teaching-learning processes in classroom settings. [*In* De Corte, E., Lodewijks, H., Parmentier, R. & Span, P. *eds.* Learning and instruction. European research in an international context. Volume 1. Oxford: Leuven University Press & Pergamon. p. 201-214.]

BEREITER, C. 1994. Constructivism, socioculturalism, and Popper's World 3. *Educational researcher*, 23(7):21-23.

BLOCK, J.H. 1971. Introduction to mastery learning: theory and practice. [*In* Block, J.H., *ed.* Mastery learning: theory and practice. New York: Holt, Rinehart & Winston. p. 2-12.]

BLOOM, B.S. (ed.) 1956. Taxonomy of educational objectives: cognitive domain. New York: David McKay.

BLOOM, B.S. (ed.) 1964. Taxonomy of educational objectives: affective domain. New York: David McKay.

BLOOM, B.S. 1971a. Affective consequences of school achievement. [*In* Block, J.H., *ed.* Mastery learning: Theory and practice. New York: Holt, Rinehart & Winston. p. 13-28.]

BLOOM, B.S. 1971b. Mastery learning. [*In* Block, J.H., *ed.* Mastery learning: theory and practice. New York: Holt, Rinehart & Winston. p. 47-63.]

BLOOM, B.S. 1986. The hands and feet of genius: automaticity. *Educational leadership*, 43(5):70-77.

BLOOM, B.S., MADAUS, G.F. & HASTINGS, J.T. 1981. Evaluation to improve learning. New York: McGraw-Hill.

BLUMENFELD, P.C., MERGENDOLLER, J.R. & SWARTHOUT, D.W. 1987. Task as a heuristic for understanding student learning and motivation. *Journal of curriculum studies*, 19(2):135-148.

BORG, W.R. & GALL, M.D. 1989. Educational research: an introduction. (5th ed.) New York: Longman.

BORG, W.R., GALL, J.P. & GALL, M.D. 1993. Applying educational research: a practical guide. (3rd. ed.) New York: Longman.

BÖRGER, H. & TILLEMA, H. 1993. Transferring knowledge to classroom teaching: putting knowledge into action. [*In* Day, C., Calderhead, J & Denicolo, P., *eds.* Research on teacher thinking: understanding professional development. London: The Falmer Press. p. 185-197.]

BORICH, G.D. 1988. Effective teaching methods. Columbus: Merrill.

BRANCA, N.A., BREEDLOVE, B.A. & KING, B. 1992. Calculators in the middle grades: Access to rich mathematics. [*In* Fey, J.T. & Hirsch, C.R. *eds.* Calculators in mathematics education. 1992 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 9-13.]

BRODIE, K. 1991. Using language in the mathematics classroom: a teacher's approach. *Pythagoras*, 27:17-23.

BROPHY, J. & GOOD, T.L. 1986. Teacher behavior and student achievement. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 328-375.]

BROPHY, J. 1986. Teacher influence on student achievement. *American psychologist*, 41(10):1069-1077.

BROPHY, J.E. 1991. Teachers' knowledge of subject matter as it relates to their teaching practice. [*In* Brophy, J.E., *ed.* Advances in research on teaching: teachers' subject matter knowledge and classroom instruction. Volume 2. Greenwich, CT: JAI. p. 347-362.]

BROUSSEAU, B.A., BOOK, C. & BYERS, J.L. 1988. Teacher beliefs and the cultures of teaching. *Journal of teacher education*, 39(6):33-39.

BROWN, J.S., COLLINS, A. & DUGUID, P. 1989a. Debating the situation. *Educational researcher*, 18(1):5-12, 62.

BROWN, J.S., COLLINS, A. & DUGUID, P. 1989b. Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*, 18(1):32-42.

BRUMBAUGH, D.K., ASHE, D.E., ASHE, J.L. & ROCK, D. 1997. Teaching secondary mathematics. Mahwah, NJ.: Lawrence Erlbaum Associates.

BURGHES, D. 1989. Mathematics for the twenty-first century: it's time for a revolution. [*In* Ernest, P., *ed.* Mathematics teaching: the state of the art. New York: The Falmer Press. p. 83-93.]

BURNS, M. 1994. Arithmetic: the last holdout. *Phi Delta Kappan*, 75(6):471-476.

CAISSY, G. 1986. Developing curriculum for the information age. *Education Canada*: 21, Summer.

CANGELOSI, J.S. 1996. Teaching mathematics in secondary and middle school: an interactive approach. (2nd. ed.) Englewood Cliffs, NJ.: Merrill.

CARL, A.E. 1995. Teacher empowerment through curriculum development: theory into practice. Kenwyn: Juta.

CARPENTER, T.P. 1985. Research on the role of structure in thinking. *Arithmetic teacher*:58-60, February.

CARPENTER, T.P. 1989. Teaching as problem solving. [*In* Charles, R.I. & Silver, E.A., *eds*. Research agenda for mathematics education: the teaching and assessing of mathematical problem solving. Volume 3. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/ NCTM. p. 187-202.]

CARPENTER, T.P. & PETERSON, P.L. 1988. Learning through instruction: the study of students' thinking during instruction in mathematics. *Educational psychologist*, 23(2): 79-85.

CARROLL, J.B. 1971. Problems of measurement related to the concept of learning for mastery. [*In* Block, J.H., *ed.* Mastery learning: theory and practice. New York: Holt, Rinehart & Winston. p. 29-46.]

CARTER, D.S.G., CARRé, C.G. & BENNETT, S.N. 1993. Student teachers' changing peceptions of their subject matter competence during an initial teacher training programme. *Educational research*, 35(1):89-95.

CARTER, G. & NORWOOD, K.S. 1997. The relationship between teacher and student beliefs about mathematics. *School science and mathematics*, 97(2): 62-67.

CARTER, G. (carter@poe.coe.ncsu.edu) 1997. Re: Teacher and student beliefs about mathematics. [E-pos aan: Nieuwoudt, H.D. (dophdn@puknet.puk.ac.za)] Mei 20.

CLARK, C.M. & PETERSON, P.L. 1986. Teachers' thought processes. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 255-296.]

CLARKE, D. & McDONOUGH, A. 1989. The problems of the problem solving classroom. *The Australian mathematics teacher*, 45(3):20-24.

CLEMENTS, D.H. & BATTISTA, M.T. 1992. Geometry and spatial reasoning. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 420-464.]

COBB, P. 1988. The tension between theories of learning and instruction in mathematics education. *Educational psychologist*, 23(2):87-103.

COBB, P. 1994a. Constructivism in mathematics and science education. *Educational researcher*, 23(7):4.

COBB, P. 1994b. Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational researcher*, 23(7):13-20.

COBB, P. & YACKEL, E. 1994. Interactive seminar. [Seminaar oor probleemgesentreerde wiskundeonderwys aangebied te OKSA, Pretoria, 18-19 Augustus 1994.] (Ongepubliseer.)

COCHRAN-SMITH, M. & LYTLE, S.L. 1990. Research on teaching and teacher research: the issues that divide. *Educational researcher* 19(2):2-11.

COETZEE, J.H., MALAN, M.M. & STEYN, I.N. 1985. Onderrig-leer in fokus. Durban: Butterworth.

COHEN, A. 1993. A new educational paradigm. *Phi Delta Kappan*, 74(10):791-795.

COHEN, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences. (Revised edition). Orlando, FL: Academic Press.

COMMITTEE OF INQUIRY INTO THE TEACHING OF MATHEMATICS. 1982. Mathematics counts. (The Cockcroft report). London: Her Majesty's Stationary Office.

CONFREY, J. 1993. Forging a revised theory of intellectual development: Piaget, Vygotsky and beyond. (Referaat gelewer voor die Canadian Mathematics Education Group, 28-31 Mei 1994.)

COONEY, T.J., GROUWS, D.A. & JONES, D. 1988. An agenda for research on teaching mathematics. [*In* Grouws, D.A., Cooney, T.J. & Jones, D., *eds.*

Research agenda for mathematics education: perspectives on effective mathematics teaching. Volume 1. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/NCTM. p. 253-261.]

COOPER, J.M., *ed.* 1986. Classroom teaching skills. Lexington: D.C. Heath.

CORNO, L. 1988. The study of teaching for mathematics learning: views through two lenses. *Educational psychologist*, 23(2):181-202.

COURANT, R. & ROBBINS, H. 1978. What is mathematics? Oxford: Oxford University Press.

CRISLER, N. & FROELICH, G. 1992. Matrices + modelling + technology = increased mathematical power for students. [*In* Fey, J.T. & Hirsch, C.R. *eds.* Calculators in mathematics education. 1992 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 112-119.]

CRONBACH, L.J. & SNOW, R.E. 1977. Aptitudes and instructional methods: a handbook for research on interactions. New York: Irvington.

DARLING-HAMMOND, L. & McLAUGHLIN, M.W. 1995. Policies that support professional development in an era of reform. *Phi Delta Kappan*, 76(8):597-604.

DAVIS, R.B. 1984. Learning mathematics. The cognitive science approach to mathematics education. London: Croom Helm.

DAVIS, R.B. 1992. Understanding "understanding". *Journal of mathematical behavior*, 11: 225-241.

DE CORTE, E., GEERLIGS, C.T., LAGERWEIJ, N.A.J., PETERS, J.J. & VAN DEN BERGHE, R. 1974. Beknopte didaxologie. Groningen: H.D. Tjeek Willink.

DE CORTE, E., LODEWIJKS, H., PARMENTIER, R. & SPAN, P. *eds.* 1987. Learning and instruction. European research in an international context. Volume 1. Oxford: Leuven University Press & Pergamon.

DE LA ROSA, B. 1990. Nuttige verwysings na die aard van die wiskunde. *Pythagoras*, 23:39-40.

DE LANGE, J. 1992. Higher order (un-) teaching. [*In* Wirzup, I. & Streit, R., *eds.* Developments in school mathematics education around the world. Vol. 3. Proceedings of the Third UCSMP International Conference on Mathematics Education, Chicago, October 30 - November 1, 1991. Reston, Va.: NCTM. p. 49-71.]

DE VILLIERS, M.D. 1996. Some adventures in Euclidean geometry. Durban.

DE WET, J.J. 1986. Die moontlike invloed van die inligtingsrevolusie op onderwys en opleiding. *Suid-Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 6(4):226-232.

DE WET, J.J. 1991. The implications of research results on memory and comprehension for handbook and teacher clarity as factors influencing effective learning and teaching. [Report of research, University of New York at Buffalo, 1989.] Vanderbijlpark: PU for CHE.

DE WET, J.J., MONTEITH, J.L. de K. & VAN DER WESTHUIZEN, G.J. 1983. Opvoedende leer. Pretoria: Butterworth.

DE WET, J.J., MONTEITH, J.L. de K., STEYN, H.S. & VENTER, P.A. 1981. Navorsingsmetodes in die Opvoedkunde: 'n inleiding tot empiriese navorsing. Durban: Butterworth.

DEPARTEMENT VAN ONDERWYS: NOORD-WES PROVINSIE

kyk

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Departement van Onderwys: Noord-Wes Provinsie.

DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE. 1987. Mathematics from 5 to 16. (2nd. ed.) London: Her Majesty's Stationery Office.

DEWEY, J. 1963. Experience and education. New York: Macmillan. [Herdruk van 1938-uitgawe.]

DOSSEY, J.A. 1992. The nature of mathematics: its role and its influence. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 39-48.]

DOYLE, W. 1986. Classroom organization and management. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 392-431.]

DOYLE, W. 1988. Work in mathematics classes: the context of students' thinking during instruction. *Educational psychologist*, 23(2):167-180.

DRINKWATER, M. 1995. Die aard en omvang van kommunikasievrees van HOD-studente. Potchefstroom: PU vir CHO. (Skripsie - M.Ed.)

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. & SCOTT, P. 1994. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7):5-12.

DU TOIT, D.J. 1991. A primary school mathematics curriculum for South Africa for the 21st century. [*In* Olivier, A.I., *red.* Wiskundeverrigtinge. Veertiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys, Universiteit van Kaapstad, 1-5 Julie 1991. Kaapstad: WGSA. p. 71-77.]

DUFFY, G.G. 1981. Teacher effectiveness research: Implications for the reading profession. East Lansing: Michigan State University. [Occasional Paper No. 45. Institute for Research on Teaching.]

DUMINY, P.A. & SöHNGE, W.F. 1986. Didaktiek: teorie en praktyk. Kaapstad: Maskew Miller.

EDUCATION INFORMATION CENTRE & INDEPENDENT EXAMINATIONS BOARD. 1996. Understanding the National Qualifications Framework: a guide to lifelong learning. (Editor: Morris, H.) Joannesburg: EIC & IEB.

EGAN, K. 1978. What is curriculum? *Curriculum inquiry*, 8(1):65-71.

EIC & IEB

kyk

EDUCATION INFORMATION CENTRE & INDEPENDENT EXAMINATIONS BOARD.

EMBSE, C.V. 1992. Concept development and problem solving using graphing calculators in the middle school. [*In* Fey, J.T. & Hirsch, C.R. *eds.* Calculators in mathematics education. 1992 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 65-78.]

ENGELBRECHT, J.C. 1990. Rekenaargesteunde onderrig teenoor eksploratiewe gebruik van die rekenaar in wiskunde-onderwys. *Suid-Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 10(4): 300-306.

ERICKSON, F. 1986. Qualitative methods in research on teaching. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 119-162.]

ERICSON, D.P. & ELLETT, F.S. 1990. Taking student responsibility seriously. *Educational researcher*, 19(9):3-10.

ERNEST, P. 1991a. The impact of beliefs on the teaching of mathematics. [*In* Ernest, P. *ed.* Mathematics teaching. The state of the art. New York: The Falmer Press. p. 249-254.]

ERNEST, P. 1991b. The philosophy of mathematics education. London: The Falmer Press.

ESLER, W.K. & SCIORTINO, P. 1988. Strategies for teachers. Raleigh: Contemporary Publishing.

EVERTSON, C.M., ANDERSON, C.W., ANDERSON, L.A. & BROPHY, J.E. 1980. Relationships between classroom behaviors and student outcomes in junior high mathematics and English classes. *American educational research journal*, 17(1):43-60.

FEIMAN-NEMSER, S. & FLODEN, R.E. 1986. The cultures of teaching. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 505-526.]

FENNEMA, E. 1991. Cognitively guided instruction. [Referaat gelewer by die Veertiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys te Universiteit van Kaapstad, 1-5 Julie 1991.]

FENNEMA, E., CARPENTER, T.P. & PETERSON, P. 1991. Teacher's decision making and cognitively guided instruction: a new paradigm for curriculum development. *Pythagoras*, 27:27-35.

FENNEMA, E. & FRANKE, M.L. 1992. Teachers' knowledge and its impact. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 147-164.]

FENSTERMACHER, G.D. 1986. Philosophy of research on teaching: three aspects. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 37-49.]

FORD, M.I. & KUHS, T.M. 1991. The act of investigating: learning mathematics in the primary grades. *Childhood education*, 67(5):313-316.

FOWLER, S., VAN BRUMMELEN, H.W. & VAN DYK, J. 1990. Christian schooling: education for freedom. Potchefstroom: PU for CHE. [*Wetenskaplike bydraes* of the PU for CHE. Series F: Institute for Reformatorical Studies. F3: Collections. No. 39.]

FRANK, M.L. 1990. What myths about mathematics are held and conveyed by teachers? *Arithmetic teacher*, 37(5):10-12.

FRASER, W.J., LOUBSER, C.P. & VAN ROOY, M.P. 1990. Didaktiek vir die voorgraadse student. Durban: Butterworth.

FREUDENTHAL, H. 1973. Mathematics as an educational task. Dordrecht: Reidel.

FREUDENTHAL, H. 1991. Revisiting mathematics education. China lectures. Dordrecht: Kluwer.

FREUDENTHAL, H. 1993. Thoughts on teaching mechanics: didactical phenomenology of the concept of force. *Educational studies in mathematics*, 25:71-87.

GAGE, N.L. 1989. The paradigm wars and their aftermath: a "historical" sketch of research on teaching since 1989. *Educational researcher*, 18(7):4-10.

GAGNé, R.M. 1983. The conditions of learning. Tokyo: Holt-Saunders.

GARLIKOV, R. 1995. Teaching and learning "empowerment" ownership and discovery. [Besprekingsgroep: owner-eara-c@asuacad@cunyvm.cuny.edu] Maart 16.

GARNER, R. 1990. When children and adults do not use learning strategies: toward a theory of settings. *Review of educational research*, 60(4):517-529.

GAROFALO, J. 1987. Developing metacognition for school mathematics. *The education digest*, 53(4):48-49.

GAROFALO, J. 1989. Beliefs and their influence on mathematical performance. *The mathematics teacher*, 82(7):502-505.

GIERL, M.J. & BISANZ, J. 1995. Anxieties and attitudes related to mathematics in grades 3 and 6. *Journal of experimental education*, 63(2):139-158.

GLENCROSS, M.J. 1991a. A new mathematics curriculum for a new South Africa. *Pythagoras*, 25:8-11.

GLENCROSS, M.J. 1991b. How we teach is more important than what we teach. [*In* Olivier, A.I., *red.* Wiskunde-verrigtinge. Veertiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys, Universiteit van Kaapstad, 1-5 Julie 1991. Kaapstad: WGSA. p. 89-98.]

GOOD, T.L. & BIDDLE, B.J. 1988. Research and the improvement of mathematics instruction: the need for observational resources. [*In* Grouws, D.A., Cooney, T.J. & Jones, D., *eds*. Research agenda for mathematics education: perspectives on effective mathematics teaching. Volume 1. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/ NCTM. p. 114-142.]

GOOD, T.L. & BROPHY, J. 1984. Looking in classrooms. (4th ed.) New York: Harper & Row.

GOOD, T.L. & GROUWS, D.A. 1979. The Missouri Mathematics Effectiveness Project: an experimental study in fourth-grade classrooms. *Journal of educational psychology*, 71(3):355-362.

GOOD, T.L., MULRYAN, C. & McCASLIN, M. 1992. Grouping for instruction in mathematics: a call for programmatic research on small-group processes. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 165-196.]

GRANT, S.G., PETERSON, P.L. & SHOJGREEN-DOWNER, A. 1996. Learning mathematics in the context of systemic reform. *American educational research journal*, 33(2):509-541.

GUNTER, M.A., ESTES, T.H. & SCHWAB, J.H. 1995. Instruction. A models approach. (2nd. ed.) Boston: Allyn & Bacon.

HADAMARD, J. 1945. An essay on the psychology of invention in the mathematical field. New York: Dover.

HALMOS, P.R. 1975. The teaching of problem solving. *American mathematical monthly*, 82(5):446-470.

HEMBREE, R. & DESSART, D.J. 1992. Research on calculators in mathematics education. [*In* Fey, J.T. & Hirsch, C.R. *eds.* Calculators in mathematics education. 1992 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 23-32.]

HENDERSON, D.W. 1995. Mondelinge mededeling aan outeur tydens 'n seminaar oor meetkundeonderwys te UNISA, Pretoria op 24 Julie 1995.

HENDERSON, D.W. 1996. Experiencing geometry on plane and sphere. Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall.

HENNING, I.J. 1993. Die invloed van 'n spesiale mikro-onderwysprogram op die kommunikasiehelderheid van onderwysstudente. Potchefstroom: PU vir CHO. (Proefskrif - Ph.D.)

HERSH, R. 1979. Some proposals for reviving the philosophy of mathematics. *Advances in mathematics*, 31:31-50.

HEWSON, P.W. & HEWSON, M.G.A'B. 1987. Science teachers' conceptions of teaching: implications for teacher education. *International journal of science education*, 9(4): 425-440.

HIEBERT, J. & CARPENTER, T.P. 1992. Learning and teaching with understanding. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 65-97.]

HIEBERT, J., CARPENTER, T.P., FENNEMA, E., FUSON, K., HUMAN, P.G., MURRAY, J.C., OLIVIER, A.I. & WEARNE, D. 1996. Problem solving as basis for reform in curriculum and instruction: the case of mathematics. *Educational researcher*, 25(4):12-22.

HIEBERT, J., CARPENTER, T.P., FENNEMA, E., FUSON, K., HUMAN, P.G., MURRAY, J.C., OLIVIER, A.I. & WEARNE, D. 1997. Making mathematics problematic: a rejoinder to Prawat and Smith. *Educational researcher*, 26(2): 24-26.

HIEBERT, J. & WEARNE, D. 1988. Instruction and cognitive change in mathematics. *Educational psychologist*, 23(2):105-117.

HIEBERT, J. & WEARNE, D. 1993. Instructional tasks, classroom discourse, and students' learning in second-grade arithmetic. *American educational research journal*, 30(2):393-425.

HOWIE, S. 1997. Mathematics and Science performance in the middle school years in South Africa. Pretoria: HSRC.

HOYLES, C. 1988. From fragmentation to synthesis: an integrated approach to research on the teaching of mathematics. [*In* Grouws, D.A., Cooney, T.J. & Jones, D. *eds.* Perspectives on research on effective mathematics teaching. Volume 1. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/NCTM. p. 143-168.]

HUMAN, P.G. 1989. An alternative approach for iniation to manipulative algebra. *Pythagoras*, 20:32-36.

HUMAN, P.G. 1993. Hantering van "die standaardalgoritmes" in 'n probleemgesentreerde benadering tot wiskundeonderwys. [Referaat gelewer tydens die Streekkongres oor Wiskundeonderwys van die WGSA: Noord-Transvaal te OKSA, Pretoria, 9-10 Junie 1993.]

HUMAN, P.G., MURRAY, J.C. & OLIVIER, A.I. 1989. A mathematics curriculum for the junior primary phase; preliminary teachers guide. ENWOUS, Universiteit van Stellenbosch.

HUMAN, P.G., MURRAY, J.C. & OLIVIER, A.I. 1992. The problem-centred approach: a synopsis. Problem-centred learning of mathematics. [Manuskrip vir gebruik

tydens indiensopleiding deur die Kaaplandse Onderwysdepartement.] Kaapstad. (Ongepubliseer.)

HUMAN, P.G., MURRAY, J.C., OLIVIER, A.I. & DU TOIT. 1993. Wiskunde aan die werk. Standerd 2. 'n Probleemgesentreerde benadering. Onderwysersgids. Kaapstad: Nasou.

HUMAN, P.G., OLIVIER, A.I. & MURRAY, J.C. 1992. Problem-centred learning of mathematics. Stellenbosch: ENWOUS. (Ongepubliseer.)

HUMAN, P.G., OLIVIER, A.I. & MURRAY, J.C. 1993. Enkele kritiese kenmerke van probleemgesentreerde wiskundeonderwys. ENWOUS, Universiteit van Stellenbosch. (Ongepubliseer.)

HUNTER, M. 1984. Knowing, teaching and knowledge. [*In* Hosford, P.L., *ed.* Using what we know about teaching. Alexandria: Association of Supervision and Curriculum Development. p. 175-176.]

INSTITUTE OF EDUCATION. 1991a. Mathematics Primary. Proposed CMATP. Mmabatho: Institute of Education. (Ongepubliseer.)

INSTITUTE OF EDUCATION. 1991b. Mathematics Secondary Major. Revised CMATSM. Mmabatho: Institute of Education. (Ongepubliseer.)

JAMES, N. 1990. Investigative approaches to the learning and teaching of mathematics. *Pythagoras*, 24:11-16.

JOYCE, B., WEIL, M. & SHOWERS, B. 1992. Models of teaching. 4th ed. Boston: Allyn & Bacon.

KAUR, B. & OON, K.K. 1992. Heuristics: what's that? *The Australian mathematics teacher*, 48(2):16-17.

KIERAN, C. 1992. The learning and teaching of school algebra. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 390-419.]

KLEINMAN, G.M. 1995. Seeing and thinking mathematically in the middle school. [*In* House, P.A. & Coxford, A.F., *eds.* Connecting mathematics across the curriculum. 1995 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 153-158.]

KLINE, M. 1980. Mathematics: the loss of certainty. Oxford: Oxford University Press.

KOEHLER, M. & GROUWS, D.A. 1992. Mathematics teaching practices and their effects. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 115-126.]

KROEZE, J.C.W. 1989. Teaching high school mathematics. Pretoria: Academica.

KUHS, T.M. & BALL, D.L. 1986. Approaches to teaching mathematics: mapping the domains of knowledge, skills, and dispositions. East Lansing: Michigan State University, Center of Teacher Education.

KULIK, C-L.C., KULIK, J.A. & BANGERT-DROWNS, R.L. 1990a. Effectivenes of mastery learning programs: a meta-analysis. *Review of educational research*, 60(2): 265-299.

KULIK, C-L.C., KULIK, J.A. & BANGERT-DROWNS, R.L. 1990b. Is there better evidence on mastery learning? A respons to Slavin. *Review of educational research*, 60(2): 303-307.

LANG, H.R., McBEATH, A. & HéBERT, J. 1995. Teaching strategies and methods for student-centred instruction. Toronto: Harcourt Brace.

LAPPAN, G. & FERRINI-MUNDY, J. 1993. Knowing and doing mathematics: a new vision for middle grades students. *The elementary school journal*, 93(5):625-641.

LAPPAN, G. 1997. (glappan@math.msu.edu) 1997. Re: Use of an adapted questionnaire. [E-pos aan: Nieuwoudt, H.D. (dophdn@puknet.puk.ac.za)] Augustus 27.

LEINHARDT, G. 1990. Capturing craft knowledge in teaching. *Educational researcher*, 19(2): 18-25.

LERMAN, S. 1986. Alternative views of the nature of mathematics and their possible inference on the teaching of mathematics. London: University of London. (Proefskrif - Ph.D.)

LERMAN, S. 1990. Alternative perspectives of the nature of mathematics and their influence on the teaching of mathematics. *British educational research journal*, 16(1):53-61.

LERMAN, S. 1991. Investigations: where to now? [*In* Ernest, P. *ed.* Mathematics teaching: the state of the art. New York: The Falmer Press. p. 73-80.

LESTER, F.K. 1994. Research and teacher education: in search of common grounds. *Journal for research in mathematics education*, 25(6):608-636.

LETTS, W.J., BAILEY, B.L. & SCANTLEBURY, K. 1997. Preparing science teachers in an era of reform: practitioners' perspective of methods courses. *School science and mathematics*, 97(4):192-199.

LIEBERMAN, A. 1995. Practices that support teacher development. *Phi Delta Kappan*, 76(8):591-596.

LINN, R.L. 1986. Quantitative methods in research on teaching. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 92-118.]

MAARSCHALK, J. 1986. Developing literacy in the natural sciences by means of informal teaching. *Suid-Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 6(3):168-173.

MACMILLAN, C.J.B. & GARRISON, J.W. 1988. A logical theory of teaching. Erotetics and intentionality. Dordrecht: Kluwer.

MAHLOBO, P.R. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 14 Oktober 1997. Mankwe Christian College of Education, Mogwase. (Kassetopname in besit van outeur.)

MATJIANE, L.R. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 18 September 1997. Taung College of Education, Pudimoe. (Kassetopname in besit van outeur.)

McDIARMID, G.W. 1990. Challenging prospective teachers' beliefs during early field experience: a quixotic undertaking? *Journal of Teacher Education*, 41(3):12-20.

McLEOD, D.B. 1992. Research on affect in mathematics education: a reconceptualisation. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 575-596.]

MEDLEY, D.M. 1982. Teacher effectiveness. [*In* Mitzel, H.E., *ed.* Encyclopedia of educational research. New York: Macmillan. p. 1894-1903.]

MEYER, L.J. 1988. Die opleiding van biologie-onderwysers in die ontdekkende onderwysbenadering. Potchefstroom: PU vir CHO. (Proefskrif - D.Ed.)

MILLER, S.I. & FREDERICKS, M. 1991. Postpositivistic assumptions and educational research: another view. *Educational researcher*, 20(4):2-8.

MOALLEM, M. 1997. The content and nanture of reflective teaching: a case of an expert middle school science teacher. *The Clearing House*, 70(3):143-150.

MONTEITH, J.L. de K. 1989. Die waarde van selfregulerende leer vir onderwysers-opleiding en die betekenis daarvan vir onderrig. Potchefstroom: PU vir CHO. [Wetenskaplike bydraes van die PU vir CHO. Reeks H: Intreerede nr. 116.]

MÜLLER, M.A. & VAN DER WALT, P.W. 1993. Onderrig vir uitnemendheid: rekenkunde op laerskool. [*In* Strauss, J.P., *red.* Wiskundeverrigtinge van die Vyftiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, 5-9 Julie. Braamfontein: Macmillan Boleswa/WGSA. p. 96-103.]

MURRAY, J.C., OLIVIER, A.I. & HUMAN, P.G. 1993. Learning through problem-solving and social interaction. [Referaat gelewer by die 17th PME Conference te Tokyo, Japan, Julie 1993.]

NASIONALE DEPARTEMENT VAN ONDERWYS

kyk

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Nasionale Departement van Onderwys.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. 1989. Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston, Va.: NCTM.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. 1991. Professional standards for teaching mathematics. Reston, Va.: NCTM.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. 1995. Assessment standards for school mathematics. Reston, Va.: NCTM.

NCTM

kyk

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS

NEWBY, T.J., STEPICH, D.A., LEHMAN, J.D. & RUSSELL, J.D. 1996. Instructional technology for teaching and learning. Englewood Cliffs, NJ.: Merrill.

NICHOLLS, J.G., COBB, P., YACKEL, E. WOOD, T. & WHEATLEY, G. 1990. Students' theories about mathematics and their mathematical knowledge: multiple dimensions of assessment. [*In* Kuhn, G., *ed.* Assessing higher order thinking in mathematics. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science. p. 137-154.]

NICKSON, M. 1988. Pervasive themes and some departure points for research into effective mathematics teaching. [*In* Grouws, D.A., Cooney, T.J. & Jones, D., *eds.* Research agenda for mathematics education: perspectives on effective

mathematics teaching. Volume 1. Reston, Va.: Lawrence Erlbaum Associates/NCTM. p. 245-252.]

NICKSON, M. 1992. The culture of the mathematics classroom: an unknown quantity? [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan. p. 101-114.]

NIEUWOUDT, H.D. 1989. Lewer goeie wiskundeonderrig dan nie goeie resultate nie? [*In* Oosthuizen, W.L., *red.* Wiskunde: hoe, wat en waarom? Referate gelewer by die Dertiende Nasionale Konvensie vir Wiskunde-, Natuur- en Skeikunde- en Biologieonderwys, Technikon Pretoria. Pretoria: WGSA. p. 268-283.]

NIEUWOUDT, H.D. 1991. A different approach to mathematics teaching? [*In* Olivier, A.I., *red.* Wiskundeverrigtinge. Veertiende Nasionale Konvensie oor Wiskunde- en Natuurwetenskaponderwys, Universiteit van Kaapstad, 1-5 Julie 1991. Kaapstad: WGSA. p. 162-171.]

NIEUWOUDT, H.D. & BAXTER, R. 1996. What culture is needed in South African mathematics classrooms? A reflection on the classroom climate in some classrooms. [*In* Morrison, K., *ed.* Building a culture of teaching and learning in mathematics. Proceedings of the Second National Congress of the Association for Mathematics Education of South Africa (AMESA). Volume 1: Full papers. Peninsula Technikon, Cape Town, 1 - 5 July 1996. Cape Town: AMESA. p. 180-194.]

NIEUWOUDT, H.D. & VILJOEN, C.T. 1996. 'n Beeld van onderwys in Suid-Afrika: 'n besinning oor die multikulturele konteks en onderrigbenaderings. (Referaat gelewer by die Vier-en-dertigste Jaarlikse Kongres van die Opvoedkunde Vereniging van Suid-Afrika (OVSA) te Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys, 17-19 Januarie 1996.) (Ongepubliseer.)

NIEUWOUDT, S.M. & NIEUWOUDT, H.D. 1996. The effective implementation of calculators in the teaching and learning of school mathematics. A manual for an interactive workshop. [ESKOM Staff Development Project: Science and Mathematics Teacher Education in the North-West.] Potchefstroom: PU vir CHO/ESKOM Staff Development Project.

OLIVIER, A.I. 1989. Handling pupils' misconceptions. [*In* Oosthuizen, W.L., *red.* Wiskunde: hoe, wat en waarom? Referate gelewer by die Dertiende Nasio-

nale Konvensie vir Wiskunde-, Natuur- en Skeikunde- en Biologieonderwys, Technikon Pretoria, 3-7 Julie 1989. Pretoria: WGSA. p. i-xvii.]

OLIVIER, A.I., MURRAY, H. & HUMAN, P.G. 1990. A constructivist approach to early arithmetic. [*In* Olivier, A.I., *red.* Verrigtinge van die Nasionale Vakdidaktiek-simposium, Universiteit van Stellenbosch, 26-28 September 1990. Stellenbosch: Universiteit van Stellenbosch.]

OLSSEN, M. 1996. Radical constructivism and its failings: anti-realism and individualism. *British journal of educational studies*, 44(3):275-295

ORION, N. & THOMPSON, D.B. 1996. Changes in perceptions and attitudes of pre-service post-graduate secondary school science teachers. *International journal of science education*, 18(5):577-599.

ORTON, A. 1987. Learning mathematics. Issues, theory and classroom practice. London: Cassell.

ORTON, A. & FROBISCHER, L. 1996. Insights into teaching mathematics. London: Cassell.

PASSMORE, J. 1985. The philosophy of teaching. Massachusetts: Harvard University Press.

PESHKIN, A. 1993. The goodness of qualitative research. *Educational researcher*, 22(2):24-30.

PHILLIPS, D.C. & SOLTIS, J.F. 1985. Perspectives on learning. New York: Teachers College Press.

POLYA, G. 1963. On learning, teaching, and learning teaching. *American mathematical monthly*, 70:605-619.

POLYA, G. 1973. How to solve it? A new aspect of mathematical method. Princeton, NJ.: Princeton University Press.

PRATT, D. 1980. Curriculum design and development. New York: Harcourt Brace & Jovanovich.

PRAWAT, R.S. 1992. Teachers' beliefs about teaching and learning: a constructivist perspective. *American journal of education*, 100(3):354-395.

PRAWAT, R.S. 1997. Problematizing Dewey's views of problem solving: a reply to Hiebert et al. *Educational researcher*, 26(2):19-21.

PRESMEG, N. 1991. Applying Van Hiele's theory in senior primary geometry: use of phases between the levels. *Pythagoras*, 26:9-11.

QIN, Z., JOHNSON, D.W. & JOHNSON, R.T. 1995. Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of educational research*, 65(2):129-143.

QUINN, R.J. 1998. The influence of mathematics methods courses on preservice teachers' pedagogical beliefs concerning manipulatives. *The Clearing House*, 71(4):236-238.

RAAD VIR GEESTESWETENSKAPLIKE NAVORSING. 1988. Onderwys - Prioriteite vir navorsing. *Nuusbrief*, Oktober.

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Departement van Onderwys en Kultuur. Administrasie Volksraad. Werkkomitee vir Wiskunde, standerds 2-4. 1990. Werksdokument vir wiskunde standerds 2-4. Pretoria: Staatsdrukker. (Voorsitter: D.J. du Toit.)

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Departement van Onderwys: Noordwesprovinsie. 1998. Provincial report on Matric Examination Results 1997. Mafikeng.

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Nasionale Departement van Onderwys. 1996. Draft document: curriculum framework for general and further education and training. (Amended document revised by the Curriculum Development working Group op the NCDC, July 1996.) Pretoria: Staatsdrukker.

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Nasionale Departement van Onderwys. 1997. Discussion document: Curriculum 2005. Specific outcomes, assessment criteria, range statements. Grades 1 to 9. Pretoria: Staatsdrukker.

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Nasionale Departement van Onderwys. *s.a.* Interim sillabusse. Pretoria: Staatsdrukker.

RESNICK, L.B. 1981. Social assumptions as a context for science: some reflections on psychology and education. *Educational psychologist*, 16:1-10.

RESNICK, L.B. 1988. Treating mathematics as an ill-structured discipline. Pittsburg University, Pennsylvania. [Learning Research and Development Center. Research report.]

RGN

kyk

RAAD VIR GEESTESWETENSAKPLIKE NAVORSING.

RIDGWAY, J. & SCHOENFELD, A.H. 1994. Balanced assessment: designing assessment schemes to promote desirable change in mathematics education. [Besprekingsgroep: owner-earli-ae@hearn.nic.surfnet.nl (EECAE copy invited paper BALASS)] Februarie 2.

ROMBERG, T.A. 1988. The theories of mathematical learning. [*In* Campbell, P.J. & Grinstein, L.S. *reds.* Mathematics education in secondary school and two-year colleges. New York: Garland. p. 23-44.]

ROMBERG, T.A. 1992. Perspectives on scholarship and research methods. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 49-64.]

ROMBERG, T.A. & CARPENTER, T.P. 1986. Research on teaching and learning mathematics: two disciplines of scientific inquiry. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 850-873.]

ROSENSHINE, B. & STEVENS, R. 1986. Teaching functions. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 376-391.]

SAI, K.P. 1994. Doing and talking in primary mathematics. *Pythagoras*, 34:15-19.

SAS INSTITUTE. 1985. SAS user's guide: basic version. (5th. ed.) Cary, NC: SAS Institute Inc.

SAS INSTITUTE. 1988. SAS/STAT user's guide: release 6.03 edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SAUNDERS, W.L. 1992. The constructivist perspective: implications and teaching strategies for science. *School science and mathematics*, 92(3):136-140.

SCANTLEBURY, K. (kscantle@udel.edu) 1997. Survey: Practitioners' perpsectives of methods courses. [E-pos aan: Nieuwoudt, H.D. (dophdn@puknet.puk.ac.za)] Junie 10.

SCHOEMAN, P.G. 1983. Philosophy of education. Pretoria: Sacum.

SCHOENFELD, A.H. 1988. When good teaching leads to bad results: the disasters of "well-taught" mathematics courses. *Educational psychologist*, 23(2):145-166.

SCHOENFELD, A.H. 1992. Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 334-370.]

SCHWARTZ, S.L. & CURCIO, F.R. 1995. Learning mathematics in meaningful contexts: an action-based approach in the primary grades. [*In* House, P.A. & Coxford, A.F., *eds.* Connecting mathematics across the curriculum. 1995 Yearbook. Reston, Va.: NCTM. p. 116-123.]

SERAFINI, A. 1976. Achievements, illocutions and the concept of teaching. *Educational theory*, 26(2):165-173.

SERRA, M. 1993. Discovering geometry: an inductive approach. Berkeley, Va.: Key Curriculum Press.

SHEPARD, L.A. 1991. Psychometricians' beliefs about learning. *Educational researcher*, 20(6):2-16.

SHUELL, T.J. 1988. The role of the student in learning from instruction. *Contemporary educational psychology*, 13:276-295.

SHUELL, T.J. 1989. Teaching and learning as problem solving. *Theory into practice*, 29:102-108.

SHUELL, T.J. 1990. Phases of meaningful learning. *Review of educational research,* 60(4): 531-547.

SHULMAN, L.S. 1985. On teaching problem solving and solving the problems of teaching. [*In* Silver, E.A., *ed.* Teaching and learning mathematical problem solving: multiple research perspectives. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. p. 439-450.]

SHULMAN, L.S. 1986. Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 3-36.]

SHUTER & SHOOTER EDUCATIONAL PUBLISHERS. 1996. Demystifying Outcomes-based Education: a guide for authors. (Compiled by Du Toit, D., Mathfield, J. & Prinsloo, G.) Pietermaritzburg: Shooter & Shuter.

SHUTER & SHOOTER

kyk

SHUTER & SHOOTER EDUCATIONAL PUBLISHERS.

SKEMP, R.R. 1978. Relational understanding and instrumental understanding. *Arithmetic teacher*, 26(3):9-15.

SKEMP, R.R. 1989. Mathematics in the primary school. (1995-herdruk.) London: Routledge.

SKIBA, A.E. 1990. Reviewing an old subject: math anxiety. *Mathematics teacher*, 83(3):188-189.

SLAVIN, R.E. 1990. Mastery learning re-reconsidered. *Review of educational research*, 60(2):300-302.

SMITH, B.O. 1985. Teaching: definitions. [*In* Husen, T. & Postlethwaite, T.N. *eds.* International encyclopedia of education. Oxford: Pergamon. p. 5097-5101.]

SMITH, J.P. III 1997. Problems with problematizing mathematics: a reply to Hiebert et al. *Educational researcher*, 26(2):22-24.

SMITH, W.P., BARNARD, A.L. & STEYN, H.S. 1988. Prestasiebeoordeling: 'n faktor-analitiese geldigheidstudie. *Tydskrif vir bedryfsielkunde*, 14(2):19-24.

SOLOW, D. 1982. How to read and do proofs. An introduction to mathematical thought process. New York: John Wiley & Sons.

STEEN, L.A. 1988. The science of patterns. *Science*, 240:611-616.

STERNBERG, R.J. 1986. Cognition and instruction: why the marriage sometimes ends in divorce. [*In* Dillon, R.F. & Sternberg, R.J., *eds.* Cognition and instruction. London: Academic Press. p. 375-382.]

STEVENS, C. & WENNER, G. 1996. Elementary preservice teachers' knowledge and beleifs regarding science and mathematics. *School science and mathematics*, 96(1):2-7.

STEYN, I.N. 1982. Onderrig-leer as wyse van opvoeding. Durban: Butterworth.

STEYN, I.N. 1988a. Onderrig versus effektiewe onderrig: implikasies vir didaktiese teorievorming. [*In* Opvoedkundevereniging van Suid-Afrika (OVSA). Doeltreffende onderwys. Referate gelewer by die ses-en-twintigste kongres van OVSA, PU vir CHO, 13-15 Januarie 1988. Publikasiereeks van OVSA: Nr. 22. Potchefstroom: OVSA. p. 243-256.]

STEYN, I.N. 1988b. What is teaching? *Suid-Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 8(2): 159-163.

STEYN, I.N. 1993. Curriculum design and evaluation: a study and workbook. Vanderbijlpark.

STEYN, I.N. *s.a.* Kurrikulumteorie: 'n leer- en werkboek. Potchefstroom: Mediapublikasies.

STODOLSKY, S.S. 1985. Telling math: origins of math aversion and anxiety. *Educational psychologist*, 20(3):125-133.

STOKER, J. 1997. (john@aardvark.ru.ac.za) 1997. Belief scales. [E-pos aan: Nieuwoudt, H.D. (dophdn@puknet.puk.ac.za)] Julie 25.

STOLS, G.H. 1996. Algebraïese simbole: die historiese ontwikkeling, gebruik en onderrig daarvan. Pretoria: Unisa. (Verhandeling - M.Sc.)

STREEFLAND. L. 1993a. Editorial: the legacy of Freudenthal. *Educational studies in mathematics*, 25:1-7.

STREEFLAND. L. 1993b. The design of a mathematics course: a theoretical reflection. *Educational studies in mathematics*, 25:109-135.

SUPPES, P. & AGER, T. 1995. Computer-based advanced placement calculus for gifted students. *Instructional science*, 22(5):339-362.

SUTHERLAND, P. 1989. The teaching of primary mathematics from a Brunerian perspective. *Westminister studies in education*, 12:99-107.

TAYLOR, L. 1993. Vygotskian influences in mathematics education, with particular reference to attitude development. *Focus on learning problems in mathematics*, 15(2&3):3-17.

TEPPO, A. 1991. Van Hiele levels of geometric thought revisited. *Mathematics teacher*, 84(3): 210-221.

THOM, R. 1973. Modern mathematics: does it exists? [*In* Howson, A.G., *ed.* Developments in mathematical education. Cambridge: Cambridge University Press. p. 194-204.)

THOMPSON, A.G. 1984. The relationship between teachers conceptions of mathematics and mathematics teaching to instructional practice. *Educational studies in mathematics*, 15:105-127.

THOMPSON, A.G. 1992. Teachers' beliefs and conceptions: a synthesis of the research. [*In* Grouws, D.A., *ed.* Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan/NCTM. p. 127-146.]

TOBIN, K. 1986. Effects of teacher wait time on discourse characteristics in mathematics and language arts classes. *American educational research journal*, 23(2):191-200.

TREFFERS, A. 1987. Three dimensions. Dordrecht: Reidel.

TREFFERS, A. 1993. Wiskobas and Freudenthal: realistic mathematics education. *Educational studies in mathematics*, 25:89-108.

TUTTLE, J.E. 1990. What I wish I had learned in school. *Mathematics teacher*, 83(6):426-429.

UHL, J.J. 1994. Calculus and mathematica: a new approach to calculus teaching. [Lesing gelewer op 28 Junie 1994 tydens 'n colloquium van die Departement Wiskunde en Toegepaste Wiskunde aan die PU vir CHO.] (Ongepubliseer.)

VAN AARDT, A.M. & STEYN, H.S. 1991. Die konstruksie van 'n houdingskaal vir tekstielkunde. *Tydskrif vir dieetkunde en huishoudkunde*, 19(2):43-48.

VAN BRUMMELEN, H. 1990. Towards a Christian approach to curriculum. Bloemfontein: VCHO

VAN DER STOEP, F.A. & LOUW, W.J. 1976. Inleiding tot die Didaktiese Opvoedkunde. Pretoria: Academica.

VAN DER WALT, J.L., DEKKER, E.I. & VAN DER WALT, I.D. 1985. Die opvoedingsgebeure: 'n Skrifmatige perspektief. Potchefstroom: PU vir CHO. [*Wetenskaplike bydraes* van die PU vir CHO. Reeks F: Instituut vir Reformatoriese Studies. F3: Versamelwerke. Nr. 18.]

VAN HIELE, P.M. 1986. Structure and insight. A theory of mathematics education. Orlando: Academic Press.

VAN HIELE, P.M. 1991. Levels of thinking. [Voordrag gelewer voor Vakdidaktiek Wiskundestudente en -dosente en wiskundeonderwysers op 31 Oktober 1991 aan die PU vir CHO, Potchefstroom.] (Ongepubliseer.)

VAN NIEKERK, H.M. 1997. A subject didactical analysis of the development of the spatial knowledge of young children through a problem-centred approach to mathematics teaching and learning. Potchefstroom: PU vir CHO. (Proefskrif - Ph.D.)

VAN TONDER, F. & DU PLESSIS, N. 1994. The problems of beginning mathematics teachers for the senior secondary school phase in some deprived black communities in South Africa. *Educational research*, 36(3):259-269.

VAN ZYL, P.J. 1975. Opvoedkunde Deel 1. Johannesburg: De Jongh.

VANLEHN, K. 1983. On the representation of procedures in repair theory. [*In* Ginsberg, H., *ed.* The development of mathematical thinking. New York: Academic Press. p. 201-253.]

VON GLASERSFELD, E. 1989. Constructivism. [*In* Husen, T. & Postlethwaite, *eds.* The international encyclopedia of education. (1st. ed.) Suppl. vol. 1. p. 162-163.]

VON GLASERSFELD, E. 1991. Introduction. [*In* von Glasersfeld, E. *ed.* Radical constructivism in mathematics education. Mathematics Education Library. Volume 7. Dordrecht: Kluwer. p. vii-xi.]

WALBERG, H.J. 1986. Syntheses of research on teaching. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 214-229.]

WANG, M.C., HAERTEL, G.D. & WALBERG, H.J. 1993. Toward a knowledge base for school learning. *Review of educational research*, 63(3):249-294.

WEINSTEIN, C.E. & MAYER, R.E. 1986. The teaching of learning strategies. [*In* Wittrock, M.C., *ed.* Handbook of research on teaching. New York: Macmillan. p. 315-327.]

WEINSTEIN, C.E. & MEYER, D.K. 1991. Cognitive learning strategies and college teaching. *New directions for teaching and learning*, 45:15-26.

WEINSTEIN, C.E., MEYER, D.K. & VAN MATER STONE, G. 1994. Teaching students how to learn. [*In* McKeachie, W.J., *ed.* Teaching tips: strategies, research, and theory for college and university teachers. Lexington, Mass.: D.C Heath. p. 359-367.]

WELCH, W. 1987. Science education in Urbanville: a case study. [*In* Stake, R. & Easly, J., *eds.* Case studies in science education. Urbana, Il.: University of Illinois. p. 5-33.]

WERKKOMITEE VIR WISKUNDE, ST. 2-4.

kyk

REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA. Departement van Onderwys en Kultuur. Administrasie Volksraad. Werkkomitee vir Wiskunde, st. 2-4. 1990.

WGSA

kyk

WISKUNDE GENOOTSKAP VAN SUIDER-AFRIKA.

WHEELER, D.K. 1979. Curriculum process. London: Hodder & Stoughton.

WISKUNDE GENOOTSKAP VAN SUIDER-AFRIKA. 1988. A position paper on a new mathematics curriculum for the primary school. Pietermaritzburg: WGSA. (Sameroeper: D.J. du Toit.)

YAGER, R.E. 1991. The constructivist learning model. Towards real reform in science education. *The science teacher*, 58(6):52-57.

ZABEL, R.H. & ZABEL, M.K. 1996. Classroom management in context: orchestrating positive learning environments. Boston: Houghton Mifflin.

BYLAE A : VRAELYS

Opmerking: Ekwivalente Afrikaanse en Engelse weergawes van die vraelys is gebruik; om ekonomiese redes is slegs die Afrikaanse weergawe hier ingesluit.

WISKUNDEBESKOUINGS EN WISKUNDEONDERWYSERS SE VOORDIENS DIDAKTIESE SKOLING

Moet asseblief NIE merke op hierdie vraelys maak nie.
Gebruik die meegaande ANTWOORDBLAD.

Vraelysnommer					(1-4)

Afdeling A : Persoonlike inligting

Kaartnommer	1	(5)

Beantwoord asseblief die volgende vrae deur die syfer op die antwoordblad te merk (**X**) wat die meeste op u van toepassing is.

Daar is geen regte of verkeerde antwoorde nie. Die enigste "regte" antwoorde is dié wat ooreenstem met dit wat volgens u waar is.

Merk net EEN syfer by elke vraag.

Beantwoord AL die vrae.

1. In watter hoedanigheid voltooi u hierdie vraelys?

Ek is 'n **dosent** in wiskunde/wiskundedidaktiek aan 'n **onderwyskollege**	1	(6)
Ek is 'n **dosent** in wiskunde/wiskundedidaktiek aan 'n **universiteit**	2	
Ek is 'n **student** in **primêre** skoolwiskunde aan 'n **onderwyskollege**	3	
Ek is 'n **student** in **sekondêre** skoolwiskunde aan 'n **onderwyskollege**	4	
Ek is 'n **student** in **primêre** skoolwiskunde aan 'n **universiteit**	5	
Ek is 'n **student** in **sekondêre** skoolwiskunde aan 'n **universiteit**	6	
Ek is 'n **wiskundeonderwyser**	7	
Ek is 'n **vakadviseur** vir wiskunde	8	

2. Is u manlik of vroulik?

Manlik	1	(7)
Vroulik	2	

3. Wat is u hoogste vlak van wiskundeopleiding?

Skoolwiskunde tot standerd 7 of 8 (graad 9 of 10)	1	(8)
Skoolwiskunde tot standerd 10 (graad 12)	2	
Wiskunde vir primêre skoolonderwysers op finalejaar kollegevlak	3	
Wiskunde vir sekondêre skoolonderwysers op finalejaar kollegevlak	4	
Wiskunde op eerste- of tweedejaar universiteitsvlak	5	
Wiskunde as hoofvak vir my graad	6	
Wiskunde op nagraadse vlak	7	

4. **Indien u 'n student is**, hoeveel ervaring van skoolwiskundeonderrig het u?

Geen	1	(9)
1 tot 2 weke tydens praktiese onderwys	2	
3 to 4 weke tydens praktiese onderwys	3	
5 tot 6 weke tydens praktiese onderwys	4	
7 tot 8 weke tydens praktiese onderwys	5	
Meer as 8 weke tydens praktiese onderwys	6	
Ek is nie 'n student nie	7	

5. **Indien u 'n dosent, vakadviseur of onderwyser is**, hoeveel ervaring van skoolwiskundeonderrig het u? (Dosente en vakadviseurs dui asseblief aan hoeveel jare u wiskundeonderrig op skool gegee het.)

Minder as 5 jaar	1	(10)
5 tot 10 jaar	2	
10 tot 15 jaar	3	
15 tot 20 jaar	4	
Meer as 20 jaar	5	
Ek is nie 'n dosent, vakadviseur of onderwyser nie	6	

6. Wat is die hoogste vlak waarop u opgelei is om spesifiek skoolwiskunde te onderrig?

Op kollegevlak om primêre skoolwiskunde te onderrig	1	(11)
Op kollegevlak om sekondêre skoolwiskunde te onderrig	2	
Op diplomavlak om primêre skoolwiskunde te onderrig na my graad (bv. HOD (Nagraads) of as deel van 'n Ed.-graad (bv. B.Prim.Ed.)	3	
Op diplomavlak om sekondêre skoolwiskunde te onderrig na my graad (bv. HOD (Nagraads) of as deel van 'n Ed.-graad (bv. B.A. (Ed.))	4	
Op nagraadse vlak (bv. B.Ed. of Hons. B.Sc.(Ed))	5	
Ek is nie spesifiek opgelei om skoolwiskunde te onderrig nie	6	

7. **Indien u 'n dosent is**, is u opgelei om spesifiek wiskunde op naskoolse of tersiêre vlak te onderrig?

Nee	1	(12)
Ja	2	
Ek is nie 'n dosent nie	3	

8. **Indien u 'n vakadviseur is**, is u opgelei om onderwysers spesifiek oor skoolwiskunde te adviseer?

Nee	1	(13)
Ja	2	
Ek is nie 'n vakadviseur nie	3	

9. Dink u dat skoolwiskunde steeds onderrig behoort te word soos dit onderrig is toe u op skool was?

Ja	1	(14)
Nee	2	
Ek is nie seker nie	3	

10. **Is daar 'n spesifieke persoon wat u as rolmodel beskou om skoolwiskunde te onderrig?**

Nee, ek het my eie manier om skoolwiskunde te onderrig	1	(15)
Nee, maar wel 'n kombinasie van persone (bv. onderwysers en/of dosente)	2	
Ja, 'n spesifieke wiskundeonderwyser	3	
Ja, 'n spesifieke onderwyser, maar nie van wiskunde nie	4	
Ja, 'n spesifieke wiskundedosent	5	
Ja, 'n spesifieke dosent, maar nie van wiskunde nie	6	

11. **Indien u 'n student of onderwyser is, hoe goed is/was u wiskundepunte op kollege of universiteit?**

My punte is/was baie swak	1	(16)
My punte is ondergemiddeld, maar nie baie swak nie	2	
My punte is gemiddeld	3	
My punte is bogemiddeld, maar nie baie goed nie	4	
My punte is/was baie goed	5	
Ek is nie 'n student of onderwyser nie	6	

12. Hou u daarvan om wiskunde te doen?

Nee, ek hou glad nie daarvan nie	1	(17)
Dis vir my om't ewe	2	
Ja, ek hou baie daarvan	3	

13. Hoe moeilik is dit vir u om wiskunde te doen?

Wiskunde is te moeilik vir my	1	(18)
Die meeste wiskunde is vir my moeilik	2	
Wiskunde is nòg moeilik, nòg maklik vir my	3	
Die meeste wiskunde is vir my maklik	4	
Wiskunde is vir my maklik	5	

Afdeling B : Wiskundebeskouingsvraelys

Kaartnommer	2	(1)

Oorweeg elk van die volgende bewerings oor die **onderrig en leer van skool-wiskunde** en merk (**X**) dan die syfer op die antwoordblad wat die beste met u beskouing ooreenstem.

Daar is geen regte of verkeerde antwoorde nie. Die enigste "regte" response is dié wat na u mening waar is.

Merk net EEN syfer per bewering.

Reageer op ELKE bewering.

Gebruik die volgende skaal:

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

LW: In hierdie bewerings beteken 'leerder' dieselfde as 'leerling' of 'kind'.

1. Onderwysers behoort presiese (eksakte) prosedures vir die oplos van woord-probleme te onderrig	(2)
2. Onderwysers behoort leerders aan te moedig om hulle eie maniere te vind om wiskundige berekenings uit te voer, selfs al is dié metodes nie doeltreffend nie	(3)
3. Die onderwyser behoort te demonstreer hoe om nie-roetine probleme op te los voordat leerders toegelaat word om woordprobleme op te los	(4)
4. Leerders wat sukkel om woordprobleme op te los, kan die beste gehelp word deur die onderrig van sleutelwoorde ('cues'), wat korrekte bewerkings aandui (bv. "*som* beteken tel die getalle of hoeveelhede op")	(5)
5. Wiskunde behoort op sodanige wyse onderrig te word dat leerders verwantskappe self kan ontdek	(6)
6. Selfs leerders wat nog nie basiese getalfeite (soos tafels en patrone) geleer het nie, kan doeltreffende metodes hê om probleme op te los	(7)
7. Dit is belangrik vir 'n leerder om goed na die onderwyser se verduidelikings te luister ten einde te leer hoe om wiskunde goed te doen	(8)
8. Die meerderheid leerders kan sonder die hulp van die onderwyser 'n manier vind om eenvoudige probleme op te los	(9)
9. 'n Doeltreffende wiskundeonderwyser demonstreer altyd die regte metode om standaardalgoritmes (-metodes) te doen	(10)
10. Daar behoort vir leerders gesê te word om probleme op die manier wat die onderwyser onderrig het, op te los	(11)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

11. Die meerderheid leerders moet gewys word hoe om wiskundige berekenings te doen	(12)
12. Die beste manier om probleemoplossing te onderrig is om leerders te wys hoe om probleme op te los	(13)
13. Wiskundeonderwysers moet 'n verskeidenheid woordprobleme gee waarvan die oplossing verskillende bewerkings vereis	(14)
14. Leerders leer wiskunde die beste deur hulle eie maniere (metodes) uit te werk om berekenings (bewerkings) te doen	(15)
15. Die meerderheid leerders kan wiskundige berekenings (bewerkings) **nie** self uitwerk nie en moet eksplisiet onderrig word om dit te doen	(16)
16. Leerders kan gewoonlik self uitwerk hoe om wiskundige ondersoeke uit te voer	(17)
17. As 'n leerder 'n probleem nie gou kan uitwerk nie, sal hy/sy dit waarskynlik glad nie kan uitwerk nie	(18)
18. Onderwysers behoort leerders aan te moedig om verskillende maniere uit te vind om nie-roetine probleme op te los	(19)
19. Dit help leerders om wiskunde te verstaan as hulle hul werk met ander leerders bespreek	(20)
20. Dit is noodsaaklik dat leerders gereelde driloefeninge van standaardalgoritmes (-tegnieke) doen om dit aan te leer	(21)
21. Onderwysers behoort aan leerders wat sukkel om probleme op te los, te **sê** hoe om dit te doen	(22)
22. Leerders kan maniere uitwerk om woordprobleme op te los sonder formele onderrig van die onderwyser of hulp van 'n volwassene	(23)
23. Die doelstellings van primêre skoolwiskundeonderrig word die beste bereik as leerders hulle eie metodes vind om (bewerkings) te doen	(24)
24. Onderwysers behoort leerders wat sukkel om nie-roetine woordprobleme op te los, toe te laat om self 'n oplossing te probeer vind	(25)
25. Dit is beter om leerders te onderrig hoe om een soort wiskundige bewerking op 'n keer te doen	(26)
26. Leerders se verduidelikings van hulle oplossings van berekenings is 'n goeie aanduiding van hulle wiskundeleer	(27)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

27. Onderwysers behoort leerders wat sukkel om 'n nie-roetine woordprobleem op te los, toe te laat om aan te hou probeer om dit uit te werk	(28)
28. Leerders leer wiskunde die beste deur dril- en inoefenmetodes	(29)
29. Ten einde 'n goeie probleemoplosser te wees, is dit vir 'n leerder belangrik om te weet hoe om die onderwyser se instruksies te volg	(30)
30. Om suksesvol in wiskunde te kan wees, moet 'n leerder sorgvuldig na die onderwyser se verduidelikings luister	(31)
31. Leerders moet eksplisiete onderrig ontvang in hoe om nie-roetine woordprobleme op te los	(32)
32. Leerders se geskrewe antwoorde op standaardalgoritmes (-metodes) dui aan hoe goed hulle skoolwiskunde verstaan	(33)
33. Die belangrikste saak in wiskunde is nie of die antwoord op 'n probleem korrek is nie, maar of die leerders hul antwoorde kan verduidelik	(34)
34. Basiese vaardigheid om bewerkings te doen en baie geduld is voldoende om primêre skoolwiskunde te onderrig	(35)
35. Probleemoplossing behoort die sentrale fokus van die skoolwiskundekurrikulum te wees	(36)
36. Wanneer 'n leerder in wiskunde verward raak, behoort die onderwyser die werk stadiger te herhaal	(37)
37. *Onderwysers behoort altyd leerders se vrae te beantwoord*	(38)
38. Die uiteenlopendheid van leerders se wiskundige vermoëns maak onderrig aan die klasgroep as 'n geheel feitlik onmoontlik	(39)
39. Onderwysers behoort die handboek wat by hul skool gebruik word, streng te volg	(40)
40. Om oor wiskunde te skryf, help leerders wiskunde begrippe vorm	(41)
41. As leerders in klein groepies werk, word hul leer van wiskunde benadeel	(42)
42. Iemand wat nie goed in wiskunde is nie, kan nie goed dink nie	(43)
43. Heelwat dinge in wiskunde moet eenvoudig net aanvaar en onthou word; daar is nie eintlik 'n verduideliking daarvoor nie	(44)
44. Ten einde 'n welopgevoede persoon te wees, is dit netso belangrik om skool-wiskunde te neem as om klassieke werke te lees	(45)
45. Om goed in wiskunde te wees, moet jy 'n wiskundeverstand hê	(46)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

46. As leerders sukkel om probleme op te los, is dit gewoonlik omdat hulle nie die regte reël of formule kan onthou nie	(47)
47. As leerders verskil oor die regte manier om 'n probleem op te los, kan dit hul leer van wiskunde benadeel	(48)
48. Leerders behoort die wiskundeklas nooit met 'n gevoel van verwarring of dat hulle vas is, te verlaat nie	(49)
49. In wiskundeonderrig is dit netso belangrik om manipuleerbare apparaat in die hoër grade te gebruik as om manipuleerbare apparaat in die laer grade te gebruik	(50)
50. Die gebruik van sakrekenaars help leerders in die primêre skool om wiskunde beter te leer	(51)
51. Aangesien leerders se wiskundevermoëns so uiteenlopend is, is dit beter om 'n nuwe begrip aan die hele klasgroep te verduidelik en hulle dit dan onder toesig te laat dril en inoefen	(52)
52. As onderwysers nie al die antwoorde op die skoolwiskundeprobleme en hulle leerders se vrae ken nie, kan hulle nie skoolwiskunde onderrig nie	(53)
53. As leerders hul werk in die klas met mekaar bespreek, kan dit hul leer van skoolwiskunde benadeel	(54)
54. Skoolwiskunde kan die beste beskryf word as 'n stel waar feite, reëls en formules wat deur leerders ontdek moet word	(55)
55. As leerders 'n wiskundeprobleem nie gou kan oplos nie, beteken dit dat hulle die werk nie verstaan nie	(56)
56. As leerders 'n relevante feit of prosedure om 'n probleem op te los, nie kan onthou nie, sal dit hulle nie help om 'n tekening of diagram te maak nie	(57)
57. As leerders se werk nie netjies en ordelik is nie, word hul leer van skoolwiskunde benadeel	(58)
58. Leerders wat stil en op hul eie werk, dui aan dat hulle die werk verstaan	(59)
59. As leerders hulle aangenaam en goed in 'n skoolwiskundeklas gedra, dui dit aan dat hulle die werk verstaan	(60)
60. Leerders behoort aangemoedig te word om harder, beter en vinniger as ander te werk	(61)
61. Skoolwiskunde is te moeilik vir die meerderheid leerders op skool	(62)
62. Dit behoort nie vir alle leerders verpligtend te wees om skoolwiskunde tot op graad 9-vlak (standerd 7-) te neem nie	(63)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

63. Skoolwiskunde word die beste onderrig as leerders probleme in 'n werklike (realistiese) lewenskonteks moet oplos	(64)
64. Leerders moet eers basiese wiskundige feite, reëls en prosedures bemeester voordat hulle werklikheidsgebaseerde wiskundige probleme kan aanpak	(65)
65. Die meerderheid leerders beskik **nie** oor die vermoë om wiskunde begrippe self te ontdek nie	(66)
66. In skoolwiskunde behoort onderwysers leerders aktief tot die ontdekking van begrippe te lei	(67)

Blaai om asseblief

Afdeling C : Wiskundeonderwysers se voordiens-wiskunde-didaktiekopleiding (Studente)

Kaartnommer	3	(1)

Oorweeg elk van die volgende bewerings rakende **u wiskundedidaktiekopleiding** en merk (**X**) dan die syfer op die antwoordblad wat die meeste op u van toepassing is.

Daar is geen regte of verkeerde antwoorde nie. Die enigste "regte" response is dié wat die beste aandui hoe seker u oor die onderskeie aspekte is.

Merk net EEN syfer by elke bewering.

Reageer op ELKE bewering.

Gebruik asseblief die volgende skaal:

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

1.	Die verskillende kursusse in my voordiensopleiding kom gefragmenteer voor, eerder as om 'n integrale eenheid te vorm	(2)
2.	My wiskundekursusse help my om die skoolwiskunde te verstaan wat ek moontlik gaan onderrig	(3)
3.	My wiskundedidaktiek- en praktiese onderwysopleiding vul mekaar goed aan	(4)
4.	Ek het onvoldoende teoretiese kennis van die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde om die meeste onderrig- en leerverwante probleme in my klas te kan oplos	(5)
5.	Die inhoude wat ek in my wiskundedidaktiekopleiding geleer het, is toepaslik (relevant) en sinvol	(6)
6.	As wiskundeonderwyser, sal my onderrig op die oordrag van spesifieke wiskundekennis aan leerders gemik wees	(7)
7.	Ek verstaan die doelstellings (uitkomste) van skoolwiskundeonderwys	(8)
8.	My wiskundedidaktiekopleiding het my houding teenoor skoolwiskunde eerder negatief as positief beïnvloed	(9)
9.	My wiskundedidaktiekopleiding het my met die vaardighede toegerus om my skoolwiskundeklaskamer doeltreffend te bestuur	(10)
10.	In my wiskundedidaktiekopleiding het ek min geleentheid gehad om 'n **verskeidenheid** toepaslike en doeltreffende wiskundeonderrigstrategieë te kon ontwikkel	(11)
11.	Ons dosente het dit duidelik gemaak dat die onderrig van skoolwiskunde neerkom op "*die onderwyser verduidelik en demonstreer, waarna leerders dril en inoefen*"	(12)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

12. Ek is in staat om skoolwiskunde doeltreffend aan alle leerders te onderrig, ongeag verskille in hulle vermoëns	(13)
13. Die verskillende afdelings van die inhoud van my wiskundedidaktiekopleiding is op 'n sinvolle wyse verbind	(14)
14. My wiskundedidaktiekopleiding is te teoreties	(15)
15. Ek het een spesifieke metode aangeleer waarmee skoolwiskunde doeltreffend onderrig kan word	(16)
16. Ek is in staat om 'n leeromgewing te skep wat doeltreffende leer van skool-wiskunde in my klas sal bevorder	(17)
17. In my wiskundedidaktiekopleiding het ek voldoende geleentheid gehad om toepaslike en doeltreffende strategieë vir die leer van wiskunde te ontdek en te ondersoek	(18)
18. Ek verstaan hoe leerders skoolwiskunde leer	(19)
19. Ek is in staat om realistiese probleemsituasies te gebruik om doeltreffende leer van skoolwiskunde moontlik te maak	(20)
20. In my wiskundedidaktiekopleiding bestaan evaluering hoofsaaklik uit geskrewe toetse en eksamens	(21)
21. Ek het die doelstellings van my wiskundedidaktiekopleiding bereik (verwesenlik)	(22)
22. Ek het min begrip verwerf van die historiese ontwikkeling van wiskunde as 'n menslike handeling	(23)
23. Ek is in staat om leerders te help om 'n verskeidenheid strategieë vir die leer van skoolwiskunde te ontwikkel en te gebruik	(24)
24. Ek is in staat om die berekenings- en algebra-gedeeltes van skoolwiskunde te onderrig	(25)
25. Ek is in staat om die meetkundegedeelte van skoolwiskunde te onderrig	(26)
26. Gedurende my wiskundedidaktiekopleiding het ons dikwels in klein groepies saam-gewerk	(27)
27. My wiskundedidaktiekopleiding het my gehelp om my algemene en wiskunde-kommunikasie tot 'n hoë vlak te verbeter	(28)
28. Ek is in staat om skoolwiskunde doeltreffend in 'n multi-kulturele opset, soos wat ons in Suid-Afrika aantref, te onderrig	(29)
29. Akademies is ek swak opgelei om 'n doeltreffende wiskundeonderwyser te kan wees	(30)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

30. Professioneel is ek goed opgelei om 'n doeltreffende wiskundeonderwyser te kan wees	(31)
31. Ek is aan gebalanseerde evaluering van al my bevoegdhede as wiskunde-onderwyser onderwerp	(32)
32. My wiskundedidaktiekopleiding het my gehelp om 'n bekwame wiskundeleerder en -probleemoplosser te word	(33)
33. Ek is in staat om behalwe skriftelike toetse en eksamens 'n verskeidenheid evalueringswyses doeltreffend in my skoolwiskundeonderrig te gebruik	(34)
34. My dosente het selde probeer om my wiskundedidaktiekopleiding met die praktiese skoolwiskundeonderrigsituasie te verbind	(35)

Blaai om asseblief

Beantwoord die volgende vrae in die oop ruimtes

35. Wat kom **kort** in u wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks

36. Wat is **oorbodig** in u wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

37. Wat is die **mees positiewe** aspek van u wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

BAIE DANKIE VIR U VRIENDELIKE SAMEWERKING

Afdeling C : Wiskundeonderwysers se voordiens-wiskunde-didaktiekopleiding (Dosent)

Kaartnommer	3	(1)

Oorweeg elk van die volgende bewerings rakende die **wiskundedidaktiekopleiding wat u gee** en merk (X) dan die syfer op die antwoordblad wat die meeste op u van toepassing is.

Daar is geen regte of verkeerde antwoorde nie. Die enigste "regte" response is dié wat die beste aandui hoe seker u oor die onderskeie aspekte is.

Merk net EEN syfer by elke bewering.

Reageer op ELKE bewering.

Gebruik asseblief die volgende skaal:

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = Slegs as u nie seker is nie

1.	Die verskillende kursusse in studente se voordiens-opleiding kom gefragmenteer voor, eerder as om 'n integrale eenheid te vorm	(2)
2.	Die wiskundekursusse help studente om die skoolwiskunde wat hulle moontlik gaan onderrig, te verstaan	(3)
3.	Die wiskundedidaktiek- en praktiese onderwysopleiding vul mekaar goed aan	(4)
4.	Wanneer hulle afstudeer, het studente onvoldoende teoretiese kennis van die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde om die meeste onderrig- en leerverwante probleme in hul klasse te kan oplos	(5)
5.	Die inhoude van die wiskundedidaktiekkursus wat ek aanbied, is toepaslik (relevant) en sinvol vir studente	(6)
6.	As wiskundeonderwysers sal my studente se onderrig op die oordrag van spesifieke wiskundekennis aan leerders gemik wees	(7)
7.	Wanneer hulle afstudeer, verstaan die studente die doelstellings (uitkomste) van skoolwiskundeonderwys	(8)
8.	Die wiskundedidaktiekopleiding beïnvloed studente se houdings teenoor skool-wiskunde eerder negatief as positief	(9)
9.	Die wiskundedidaktiekopleiding rus my studente met die vaardighede toe om hul skoolwiskundeklaskamer doeltreffend te bestuur	(10)
10.	Die wiskundedidaktiekopleiding skep min geleenthede vir die ontwikkeling van 'n **verskeidenheid** toepaslike doeltreffende wiskundeonderrigstrategieë	(11)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

11. Ek maak dit vir studente duidelik dat die onderrig van skoolwiskunde neerkom op *"die onderwyser verduidelik en demonstreer, waarna leerders dril en inoefen"*	(12)
12. Wanneer hulle afstudeer, is studente in staat om skoolwiskunde doeltreffend aan alle leerders te onderrig, ongeag verskille in die leerders se vermoëns	(13)
13. Die verskillende afdelings van die inhoud van die wiskundedidaktiekopleiding is op 'n sinvolle wyse verbind	(14)
14. Die wiskundedidaktiekopleiding is te teoreties	(15)
15. Ek onderrig een spesifieke metode aan studente waarmee skoolwiskunde doeltreffend onderrig kan word	(16)
16. Wanneer hulle afstudeer, is studente in staat om 'n leeromgewing te skep wat doeltreffende leer van skoolwiskunde in hul klasse sal bevorder	(17)
17. Studente het voldoende geleentheid om toepaslike doeltreffende strategieë vir die leer van wiskunde te ontdek en te ondersoek	(18)
18. Wanneer hulle aftudeer, verstaan studente hoe leerders skoolwiskunde leer	(19)
19. Studente is in staat om realistiese probleemsituasies te gebruik om doeltreffende leer van skoolwiskunde moontlik te maak	(20)
20. Evaluering van die wiskundedidaktiekopleiding sluit nie veel meer as geskrewe toetse en eksamens in nie	(21)
21. Studente bereik (verwesenlik) die doelstellings van die wiskundedidaktiekopleiding	(22)
22. Studente verwerf min begrip van die historiese ontwikkeling van wiskunde as 'n menslike handeling	(23)
23. Wanneer hulle afstudeer, is studente in staat om leerders te help om 'n verskeidenheid strategieë vir die leer van skoolwiskunde te ontwikkel en te gebruik	(24)
24. Studente is in staat om die berekenings- en algebragedeeltes van skoolwiskunde te onderrig	(25)
25. Studente is in staat om die meetkundegedeelte van skoolwiskunde te onderrig	(26)
26. In my klasse werk studente gereeld in klein groepies saam	(27)
27. Die wiskundedidaktiekopleiding help studente om hul algemene en wiskundekommunikasie tot 'n hoë vlak te verbeter	(28)
28. Studente is in staat om skoolwiskunde doeltreffend in 'n multi-kulturele opset, soos wat ons in Suid-Afrika aantref, te onderrig	(29)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

29. Akademies is studente swak opgelei om doeltreffende wiskundeonderwysers te kan wees	(30)
30. Professioneel is studente goed opgelei om doeltreffende wiskundeonderwysers te kan wees	(31)
31. Studente word aan gebalanseerde evaluering van al hul bevoegdhede as wiskundeonderwyser onderwerp	(32)
32. Die wiskunde- en wiskundedidaktiekopleiding help studente om bevoegde wiskundeleerders en -probleemoplossers te word	(33)
33. Die wiskundedidaktiekopleiding stel studente in staat om behalwe skriftelike toetse en eksamens 'n verskeidenheid evalueringswyses in hul skoolwiskundeonderrig te gebruik	(34)
34. Die wiskundedidaktiekopleiding word selde met die praktiese skoolwiskunde-onderrigsituasie verbind	(35)

Blaai om asseblief

Beantwoord die volgende vrae in die oop ruimtes

35. Wat kom **kort** in die wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

36. Wat is **oorbodig** in die wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

37. Wat is die **mees positiewe** aspek van die wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

BAIE DANKIE VIR U VRIENDELIKE SAMEWERKING

Afdeling C : Wiskundeonderwysers se voordiens-wiskunde-didaktiekopleiding (Vakadviseur en onderwyser)

Kaartnommer	3	(1)

Oorweeg elk van die volgende bewerings rakende **beginneronderwysers se bevoegdheid om wiskundeonderrig te gee** deur die syfer op die antwoordblad te merk (**X**) wat die meeste van toepassing is.

Daar is geen regte of verkeerde antwoorde nie. Die enigste "regte" response is dié wat die beste aandui hoe seker u oor die onderskeie aspekte is.

Merk net EEN syfer by elke bewering.

Reageer op ELKE bewering.

Gebruik asseblief die volgende skaal:

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = Slegs as u nie seker is nie

LW: In hierdie afdeling verwys 'hulle' na 'beginner-wiskundeonderwysers'.

1. Hulle kennis van skoolwiskundeonderwys kom gefragmenteer voor, eerder as om 'n integrale eenheid te vorm	(2)
2. Hulle verstaan die skoolwiskunde wat hulle onderrig	(3)
3. Hulle slaag goed daarin om hul wiskundedidaktiekopleiding met hul praktiese onderwyservaring te versoen	(4)
4. Hulle het onvoldoende teoretiese kennis van die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde om die meeste onderrig- en leerverwante probleme in hul klasse te kan oplos	(5)
5. Hulle het toepaslike (relevante) en sinvolle inhoude in hul wiskundedidaktiek-opleiding geleer	(6)
6. Hulle onderrig is op die oordrag van spesifieke wiskundekennis aan leerders gemik	(7)
7. Hulle verstaan die doelstellings (uitkomste) van skoolwiskundeonderwys	(8)
8. Hulle toon 'n negatiewe houding teenoor skoolwiskunde	(9)
9. Hulle is toegerus met die vaardighede om hul skoolwiskundeklaskamers doeltreffend te bestuur	(10)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

10. Hulle toon 'n onvermoë om 'n **verskeidenheid** toepaslike doeltreffende wiskunde-onderrigstrategieë te gebruik	(11)
11. Hulle onderrig van skoolwiskunde kom neer op "*die onderwyser verduidelik en demonstreer, waarna leerders dril en inoefen*"	(12)
12. Hulle is in staat om skoolwiskunde doeltreffend aan alle leerders te onderrig, ongeag verskille in die leerders se vermoëns	(13)
13. Hulle kan die verskillende aspekte van skoolwiskundeonderrig op 'n sinvolle wyse verbind	(14)
14. Hulle wiskundedidaktiekopleiding was te teoreties	(15)
15. Hulle gebruik hoofsaaklik een spesifieke metode om skoolwiskunde te onderrig	(16)
16. Hulle is in staat om 'n leeromgewing te skep wat doeltreffende leer van skool-wiskunde in hul klasse bevorder	(17)
17. Hulle gebruik toepaslike doeltreffende strategieë om skoolwiskunde te doen en te leer	(18)
18. Hulle verstaan hoe leerders skoolwiskunde leer	(19)
19. Hulle is in staat om realistiese probleemsituasies te gebruik om doeltreffende leer van skoolwiskunde moontlik te maak	(20)
20. In hulle skoolwiskundeonderrig bestaan die evaluering hoofsaaklik uit geskrewe toetse en eksamens	(21)
21. Hulle pas hul wiskundedidaktiekopleiding doeltreffend toe	(22)
22. Hulle het min begrip van die historiese ontwikkeling van wiskunde as 'n menslike handeling	(23)
23. Hulle is in staat om leerders te help om 'n verskeidenheid strategieë vir die leer van skoolwiskunde te ontwikkel en te gebruik	(24)
24. Hulle is in staat om die berekenings- en algebragedeeltes van skoolwiskunde te onderrig	(25)
25. Hulle is in staat om die meetkundegedeelte van skoolwiskunde te onderrig	(26)
26. Hulle werk goed in klein groepverband saam	(27)
27. Hulle algemene en wiskundekommunikasie is op 'n hoë vlak	(28)
28. Hulle is in staat om skoolwiskunde doeltreffend in 'n multi-kulturele opset, soos wat ons in Suid-Afrika aantref, te onderrig	(29)

1 = Ek verskil ten sterkste
2 = Ek verskil
3 = Ek stem saam
4 = Ek stem ten sterkste saam
en
5 = SLEGS as u nie seker is nie

29. Akademies is hulle swak opgelei om doeltreffende wiskundeonderwysers te kan wees	(30)
30. Professioneel is hulle goed opgelei om doeltreffende wiskundeonderwysers te kan wees	(31)
31. Hulle pas gebalanseerde evaluering van al hul leerders se bevoegdhede as wiskundeleerders toe	(32)
32. Hulle is bevoegde wiskundeleerders en -probleemoplossers	(33)
33. Hulle is in staat om behalwe skriftelike toetse en eksamens 'n verskeidenheid evalueringswyses doeltreffend in hul skoolwiskundeonderrig te gebruik	(34)

Blaai om asseblief

Beantwoord die volgende vrae in die oop ruimtes

34. Wat kom **kort** in hulle wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

35. Wat is **oorbodig** in hulle wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

36. Wat is die **mees positiewe** aspek van hul wiskundedidaktiekopleiding? **Motiveer** kortliks.

BAIE DANKIE VIR U VRIENDELIKE SAMEWERKING

BYLAE B : ANTWOORDBLAD

ANTWOORDBLAD : WISKUNDEBESKOUINGS EN WISKUNDE-ONDERWYSERS SE VOORDIENS-DIDAKTIESE SKOLING

Vraelysnommer					(1-4)

AFDELING A

Kaartnommer	1	(5)

1.	1	2	3	4	5	6	7	8	(6)
2.	1	2							(7)
3.	1	2	3	4	5	6	7		(8)
4.	1	2	3	4	5	6	7		(9)
5.	1	2	3	4	5	6			(10)
6.	1	2	3	4	5	6			(11)
7.	1	2	3						(12)
8.	1	2	3						(13)
9.	1	2	3	4					(14)
10.	1	2	3	4	5	6			(15)
11.	1	2	3	4	5				(16)
12.	1	2	3						(17)
13.	1	2	3	4	5				(18)

AFDELING B

Kaartnommer	2	(1)

1.	1	2	3	4	5	(2)
2.	1	2	3	4	5	(3)
3.	1	2	3	4	5	(4)
4.	1	2	3	4	5	(5)
5.	1	2	3	4	5	(6)
6.	1	2	3	4	5	(7)
7.	1	2	3	4	5	(8)
8.	1	2	3	4	5	(9)
9.	1	2	3	4	5	(10)
10.	1	2	3	4	5	(11)
11.	1	2	3	4	5	(12)
12.	1	2	3	4	5	(13)
13.	1	2	3	4	5	(14)
14.	1	2	3	4	5	(15)
15.	1	2	3	4	5	(16)
16.	1	2	3	4	5	(17)
17.	1	2	3	4	5	(18)
18.	1	2	3	4	5	(19)
19.	1	2	3	4	5	(20)
20.	1	2	3	4	5	(21)
21.	1	2	3	4	5	(22)
22.	1	2	3	4	5	(23)
23.	1	2	3	4	5	(24)
24.	1	2	3	4	5	(25)
25.	1	2	3	4	5	(26)
26.	1	2	3	4	5	(27)
27.	1	2	3	4	5	(28)
28.	1	2	3	4	5	(29)
29.	1	2	3	4	5	(30)
30.	1	2	3	4	5	(31)
31.	1	2	3	4	5	(32)
32.	1	2	3	4	5	(33)
33.	1	2	3	4	5	(34)
34.	1	2	3	4	5	(35)
35.	1	2	3	4	5	(36)
36.	1	2	3	4	5	(37)
37.	1	2	3	4	5	(38)
38.	1	2	3	4	5	(39)
39.	1	2	3	4	5	(40)
40.	1	2	3	4	5	(41)
41.	1	2	3	4	5	(42)
42.	1	2	3	4	5	(43)
43.	1	2	3	4	5	(44)
44.	1	2	3	4	5	(45)
45.	1	2	3	4	5	(46)
46.	1	2	3	4	5	(47)

AFDELING B (vervolg)

Kaartnommer 2 (vervolg)

47.	1	2	3	4	5	(48)
48.	1	2	3	4	5	(49)
49.	1	2	3	4	5	(50)
50.	1	2	3	4	5	(51)
51.	1	2	3	4	5	(52)
52.	1	2	3	4	5	(53)
53.	1	2	3	4	5	(54)
54.	1	2	3	4	5	(55)
55.	1	2	3	4	5	(56)
56.	1	2	3	4	5	(57)
57.	1	2	3	4	5	(58)
58.	1	2	3	4	5	(59)
59.	1	2	3	4	5	(60)
60.	1	2	3	4	5	(61)
61.	1	2	3	4	5	(62)
62.	1	2	3	4	5	(63)
63.	1	2	3	4	5	(64)
64.	1	2	3	4	5	(65)
65.	1	2	3	4	5	(66)
66.	1	2	3	4	5	(67)

AFDELING C

Kaartnommer	**3**	(1)

1.	1	2	3	4	5	(2)
2.	1	2	3	4	5	(3)
3.	1	2	3	4	5	(4)
4.	1	2	3	4	5	(5)
5.	1	2	3	4	5	(6)
6.	1	2	3	4	5	(7)
7.	1	2	3	4	5	(8)
8.	1	2	3	4	5	(9)
9.	1	2	3	4	5	(10)
10.	1	2	3	4	5	(11)
11.	1	2	3	4	5	(12)
12.	1	2	3	4	5	(13)
13.	1	2	3	4	5	(14)
14.	1	2	3	4	5	(15)
15.	1	2	3	4	5	(16)
16.	1	2	3	4	5	(17)
17.	1	2	3	4	5	(18)
18.	1	2	3	4	5	(19)
19.	1	2	3	4	5	(20)
20.	1	2	3	4	5	(21)
21.	1	2	3	4	5	(22)
22.	1	2	3	4	5	(23)
23.	1	2	3	4	5	(24)
24.	1	2	3	4	5	(25)
25.	1	2	3	4	5	(26)
26.	1	2	3	4	5	(27)
27.	1	2	3	4	5	(28)
28.	1	2	3	4	5	(29)
29.	1	2	3	4	5	(30)
30.	1	2	3	4	5	(31)
31.	1	2	3	4	5	(32)
32.	1	2	3	4	5	(33)
33.	1	2	3	4	5	(34)
34.	1	2	3	4	5	(35)

BYLAE C : ONDERHOUDSKEDULE

ONDERHOUDSKEDULE : IMPLIKASIES VIR DIE DIDAKTIESE SKOLING VAN VOORDIENS-WISKUNDEONDERWYSERS

Nommer van onderhoud			

Bepaalde standpunte oor die didaktiese skoling (wiskundedidaktiekopleiding) van voordiens-wiskundeonderwysers word aan u gestel. Lewer asseblief hierop kommentaar deur die vrae wat na aanleiding daarvan gevra word, kernagtig te beantwoord.

Item 1

Al die komponente van wiskundeonderwysers se voordiens-opleidingsprogram (basiese opvoedkunde, akademiese wiskunde, praktiese onderwys, wiskunde-didaktiek) behoort 'n gebalanseerde ***eenheid*** *te vorm.*

1. Stem u hiermee saam? Is dit moontlik? Verduidelik.
2. Tot watter mate is dit tans die geval in u opleidingsprogram? Verduidelik.
3. Wie moet die geheel bewerkstellig? Hoe kan dit gebeur? Verduidelik.

Item 2

Die ***uitkomste*** *van al die komponente van die voordiens-opleiding van wiskunde-onderwysers behoort bymekaar aansluiting te vind.*

1. Stem u hiermee saam? Motiveer.
2. Tot watter mate gebeur dit in u huidige opleidingsprogram? Verduidelik.
3. Wat behoort/kan gedoen word dat die aansluiting optimaal plaasvind? Motiveer.
4. Wie moet hierdie aansluiting bewerkstellig? Hoe kan dit gebeur? Verduidelik.

Item 3

Die beste wyse om studente op te lei om skoolwiskunde doeltreffend te kan onderrig, is om 'n paar metodes van onderrig en evaluering wat u weet wat werk, uit te kies en aan studente te verduidelik en te demonstreer, waarna hulle dit moet inoefen totdat hulle dit bemeester het.

1. Tot watter mate beskryf dit u huidige didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
2. Stem u met die gestelde standpunt saam? Motiveer.

Item 4

In plaas van teorie oor die doeltreffende onderrig en leer van skoolwiskunde, het studente eerder baie praktiese oefening daarin nodig.

1. Tot watter mate beskryf dit u huidige didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
2. Stem u met die gestelde standpunt saam? Motiveer.

Item 5

*Die doel van die didaktiese skoling behoort te wees om dit vir studente moontlik te maak om **self** toepaslike en doeltreffende onderrig-, leer- en evalueringswyses vir skoolwiskunde te ontdek en te ontwikkel, eerder as om spesifieke voorgeskrewe werkwyses (soos strategieë, metodes en tegnieke) aan hulle oor te dra.*

1. Stem u hiermee saam? Verduidelik.
2. Tot watter mate is dit die geval in u huidige didaktiese skolingsprogram? Motiveer.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om hierdie doel optimaal te bereik? Verduidelik.

Item 6

*Daar behoort spesifiek geleentheid vir voordiens-wiskundeonderwysers geskep te word om doeltreffende eie leerstrategieë, -vaardighede en -houdings **self** te ontdek en te ontwikkel.*

1. Is die studente hiertoe in staat? Verduidelik.
2. Stem u hiermee saam? Verduidelik.
3. Tot watter mate gebeur dit tans in u didaktiese skolingsprogram? Gee voorbeelde.
4. Wat behoort/kan gedoen te word om u studente optimaal in hierdie verband te laat baatvind? Motiveer.

Item 7

Die didaktiese skoling van studente behoort aan die hand van die ondersoek van realistiese onderrig-leerprobleemsituasies in skoolwiskunde te geskied. Trouens, al hierdie skoling moet werklikheidsgetrou verloop.

1. Stem u hiermee saam? Motiveer.
2. Is dit moontlik? Is dit wenslik? Verduidelik.
3. Tot watter mate gebeur dit tans in u didaktiese skolingsprogram? Gee voorbeelde.
4. Wat behoort/kan gedoen te word dat u didaktiese skolingsprogram optimaal hieraan voldoen? Verduidelik.

Item 8

Tydens hulle opleiding hoef studente nie veel meer wiskunde-inhoude te bestudeer nie as die skoolwiskunde-inhoude wat hulle gaan onderrig - solank hulle dit net baie goed bemeester en verstaan.

1. Stem u hiermee saam? Motiveer kortliks.
2. Tot watter mate is dit op u huidige opleiding van toepassing? Verduidelik kortliks.

Item 9

In die meerderheid gevalle behoort voordiens-wiskundeonderwysers in individuele en in kleingroepverband aktief en op eie inisiatief aan klasaktiwiteite (soos ondersoeke, besprekings en die oplos van probleme) deel te neem, terwyl die dosent op die agtergrond moet tree.

1. Is dit wenslik? Motiveer.
2. Tot watter mate gebeur dit tans in u didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om sodanige situasie optimaal in u klasse te benut? Verduidelik.

Item 10

Studente behoort aan 'n verskeidenheid van evalueringswyses van al hulle bevoegdhede as wiskundeonderwysers onderwerp te word, eerder as net aan skriftelike toetse en eksamens.

1. Stem u saam? Motiveer.
2. Tot watter mate gebeur dit tans in u didaktiese skolingsprogram? Gee voorbeelde.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om sodanige praktyk optimaal in u didaktiese skolingsprogram te vestig? Verduidelik.

Item 11

Tydens hulle opleiding behoort voordiens-wiskundeonderwysers met spesifieke tegnologiese en manipuleerbare media (soos rekenaars, grafiese en sakrekenaars, tellers, blokkies, papier en instrumente) en vaktydskrifte wat die onderrig en leer van (skool-) wiskunde kan bevorder, kennis te maak en die gebruik daarvan te bemeester.

1. Is dit wenslik? Is dit moontlik? Verduidelik
2. Tot watter mate gebeur dit tans in u opleiding? Gee voorbeelde.

Item 12

Die didaktiese skolingsprogram behoort spesifiek daarop gemik te wees om studente 'n ingesteldheid van lewenslange leer, navorsing en probleemoplossing te laat ontwikkel.

1. Is dit moontlik? Verduidelik
2. Tot watter mate gebeur dit in u huidige didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om studente optimaal in hierdie verband te laat baatvind? Verduidelik.

Item 13

Die didaktiese skolingsprogram behoort spesifiek daarop gemik te wees om studente se algemene en wiskundige kommunikasievaardighede tot 'n hoë vlak te laat ontwikkel.

1. Is dit moontlik? Verduidelik
2. Tot watter mate gebeur dit in u huidige didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om studente optimaal in hierdie verband te laat baatvind? Verduidelik.

Item 14

Daar behoort 'n dinamiese wisselwerking (vennootskap) tussen die studente se wiskundedidaktiekopleiding en die skoolwiskundeonderwyspraktyk te bestaan.

1. Is dit moontlik? Verduidelik
2. Tot watter mate gebeur dit in u huidige didaktiese skolingsprogram? Verduidelik.
3. Wat behoort/kan gedoen te word om studente optimaal in hierdie verband te laat baatvind? Verduidelik.

Item 15

Voordiens-wiskundeonderwysers behoort vir 'n uitgebreide periode van 'n kwartaal of meer onder leiding van 'n mentor-onderwyser te werk voordat hulle hul opleiding kan voltooi.

1. Stem u saam? Motiveer

2. Is dit moontlik? Verduidelik.

Item 16

Wil u nog enigiets byvoeg of op enigiets verdere kommentaar lewer?

Baie dankie vir u vriendelike samewerking

BYLAE D : LYS VAN ONDERHOUDE

1. BAUGHAN, H. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 18 September 1997. Taung College of Education, Pudimoe. (Kassetopname in besit van outeur.)

2. DOR, E. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 14 Oktober 1997. Mankwe Christian College of Education, Mogwase. (Kassetopname in besit van outeur.)

3. GREYLING, E. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 20 Oktober 1997. Onderwyskollege Potchefstroom. Potchefstroom. (Kassetopname in besit van outeur.)

4. IQBAL, M. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 22 September 1997. Lehurutshe College of Education, Lehurutshe. (Kassetopname in besit van outeur.)

5. JACOBS, H.N. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 20 Oktober 1997. Onderwyskollege Potchefstroom, Potchefstroom. (Kassetopname in besit van outeur.)

6. KHALIQUE, C.M. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 17 September 1997. University of the North West, Mafikeng. (Kassetopname in besit van outeur.)

7. MAHLOBO, P.R. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 14 Oktober 1997. Mankwe Christian College of Education, Mogwase. (Kassetopname in besit van outeur.)

8. MAKOLA, R.P. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 8 Oktober 1997. Hebron College of Education, Ga-Rankuwa. (Kassetopname in besit van outeur.)

9. MALETE, N. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 22 September 1997. Lehurutshe College of Education, Lehurutshe. (Kassetopname in besit van outeur.)

10. MATJIANE, L.R. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 18 September 1997. Taung College of Education, Pudimoe. (Kassetopname in besit van outeur.)

11. MMOLEDI, J.T. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 8 Oktober 1997. Hebron College of Education, Ga-Rankuwa. (Kassetopname in besit van outeur.)

12. MOLEFE, J.K. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 14 Oktober 1997. Mankwe Christian College of Education, Mogwase. (Kassetopname in besit van outeur.)

13. MOTSEPE, K.A. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 8 Oktober 1997. Hebron College of Education, Ga-Rankuwa. (Kassetopname in besit van outeur.)

14. PHETWE, G.V. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 22 September 1997. Lehurutshe College of Education, Lehurutshe. (Kassetopname in besit van outeur.)

15. RAJENDRA, V. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 22 September 1997. te Lehurutshe College of Education, Lehurutshe. (Kassetopname in besit van outeur.)

16. VAN WYK, C.K. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 28 Oktober 1997. Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom. (Kassetopname in besit van outeur.)

17. VERMEER, G. 1997. Mondelinge mededeling aan outeur op 18 September 1997. Taung College of Education, Pudimoe. (Kassetopname in besit van outeur.)

BYLAE E : VERSOEK TOT TOESTEMMING VIR DIE OPNAME

Opmerking: Soos versoek is die toestemmingsantwoorde van die betrokke instansies per faks of mondeling ontvang; die intensiteit van die drukwerk is nie geskik vir duplisering nie.

Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

Potchefstroom University
for Christian Higher Education

Private bag X6001 Potchefstroom 2520
Tel (0148) 299 1111 Fax (0148) 299 2799

Graduate School of Education
Tel (0148) 299-1905
Fax (0148) 299-1888
E-Mail dophdn@puknet.puk.ac.za

The Rector
... College of Education
...
...

Fax: ...

2 September 1997

Dear ...

PERMISSION TO UNDERTAKE A SURVEY

I write this letter to cordially request your permission in respect of a research survey I intend to conduct at the Colleges of Education and the Universities in the North West Province. After discussing the matter with the Head of the Department of Mathematics at your college, he assured me of the department's willingness to co-operate in the intended survey and advised me to contact you first in this regard.

As you will notice, I am a senior lecturer in the Graduate School of Education of the Potchefstroom University for Christian Higher Education. Furthermore, I am currently finalising a thesis for the Ph.D. degree on persons' views and beliefs about school mathematics and the effective teaching and learning of it. These views and beliefs determine what and how people teach, learn and do mathematics in a fundamental way. Therefore, I aim to investigate the views and beliefs of the people concerned and to determine the forthcoming implications for the instructional training of mathematics teachers. To this end, I am particularly interested in the views and beliefs of the lecturing staff and final year students involved in the mathematics and mathematics instructional training courses at your college.

The ultimate goal of my research is to contribute towards effective instructional training of mathematics teachers, and thus to effective school mathematics instruction in our province, as well as in the country at large. I certainly do not intend to evaluate or compare specific colleges' programmes. But I will share the outcomes of my survey and the research project as a whole with you and your staff members, if you so wish.

Therefore, I cordially request your permission to undertake such a survey at your college, using an approved questionnaire for the staff members and final year students, as well as interviews with the staff members. The questionnaire is based on three questionnaires currently being used by mathematics education researchers in the USA, as well as in South Africa.

May I extend my request even further? Will you kindly respond to my request using the fax number above (i.e. 0148-299-1888)?

Thanking you in advance for your kind collaboration

Yours sincerely

Hercules D. Nieuwoudt
Senior lecturer

DOPHDN c:\winword\pfskf\toestrek.doc

Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

Potchefstroom University
for Christian Higher Education

Private bag X6001 Potchefstroom 2520
Tel (0148) 299 1111 Fax (0148) 299 2799

Graduate School of Education
Tel (0148) 299-1905
Fax (0148) 299-1888
E-Mail dophdn@puknet.puk.ac.za

The Rector
...
...
...

Fax: ...

16 September 1997

Dear ...

VISIT TO YOUR CAMPUS FOR A SURVEY (MATHEMATICS EDUCATION)

Thank you very much for granting me permission to conduct a research survey at your College's Department of Mathematics.

As you had requested in your letter in this regard, I communicated with the staff members of the department concerned. I spoke to ... and we agreed that I could visit the College on Thursday 18 September 1997. I will contact ... in this regard before coming to the College.

Thank you for your kind co-operation - I really appreciate it.

Yours sincerely

Hercules D. Nieuwoudt
Senior lecturer

DOPHDN c:\winword\pfskf\brkollbs.doc

Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

Privaatsak X6001 Potchefstroom 2520
Tel (0148) 299 1111 Faks (0148) 299 2799

Nagraadse Skool vir Opvoedkunde
Tel (0148) 299-1905
Faks (0148) 299-1888
E-Pos dophdn@puknet.puk.ac.za

Vakadviseur Wiskunde
...
...
...

29 September 1997

Faks: ...

Geagte ...

ONDERSOEK NA DIE OPLEIDING VAN WISKUNDEONDERWYSERS

As finale deel van 'n Ph.D.-program is ek besig met 'n ondersoek na die voordiens-opleiding van wiskundeonderwysers in die Noordwes Provinsie. In die besonder, is ek geïnteresseerd in die beskouings (oortuigings) van finalejaarstudente en hulle dosente oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan, asook die implikasies wat dit vir die betrokke opleiding inhou. Ten einde 'n akkurater beeld van die impak van die opleiding te kry, is dit noodsaaklik dat ek ook inligting oor beginner-wiskundeonderwysers verkry. Weens u noue skakeling met hierdie onderwysers is u kennis en ervaring van hulle situasie vir my onontbeerlik. Gevolglik klop ek by u aan om inligting - met die volle medewete en goedkeuring van meneer AP Engelbrecht en mevrou FPL Bungane.

Daarom versoek ek u hiermee beleefd en dringend om sowat dertig minute aan my af te staan om die ingeslote vraelys te beantwoord en die antwoordblad en losblad in die ingeslote geaddresseerde "Fastmail"-koevert aan my terug te stuur. *Persone van dieselfde distrikskantoor word versoek om hulle antwoord- en losblaaie in dieselfde koevert te plaas.* U spoedige reaksie teen 15 Oktober word waardeer.

Ten einde onsekerheid uit die weg te ruim, verskaf ek die volgende toeligting:

- Voltooi asseblief aldrie afdelings, ook die laaste drie vrae op die los bladsy 13:
  - Afdeling A vra noodsaaklike persoonlike inligting.
  - Afdeling B vra inligting oor **u eie beskouings** oor skoolwiskunde en die onderrig en leer daarvan.

* Afdeling C vra inligting oor **u persoonlike kennis en ervaring** van die *bevoegdheid* van **beginner-wiskundeonderwysers** om *onderrig te kan gee.*

- Voltooi elke item so akkuraat as moontlik en vanuit u perspektief en ervaring.
- In Afdelings B en C is *opsie 5* **slegs** van toepassing indien u werklik nie seker is nie - dit sal dus by uitsondering gekies word.
- Indien u meer inligting wil verskaf, gebruik asseblief die keerkant van die los bladsy 13.
- *Stuur asseblief die antwoordblad* ***en*** *die los bladsy 13 terug.*
- U word **nie** hierdeur geëvalueer of beoordeel nie; die inligting wat u verskaf, word streng vertroulik hanteer en **slegs** gebruik om geldige gevolgtrekkings met betrekking tot die doel van die ondersoek te maak.

Byvoorbaat dankie vir u vriendelike en spoedige reaksie - dit word werklik waardeer.

Vriendelike groete

Hercules D. Nieuwoudt
Senior lektor

DOPHDN c:\winword\pfskf\bravadh.doc

BYLAE F : FREKWENSIE-EN-PERSENTASIETABELLE MET BETREKKING TOT AFDELING B-RESULTATE

Tabel F5.15 : Frekwensies, persentasies, gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'DOEL'

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [n=26]	Praktisyns [n=47]
B5	1	14 (3,8%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
	2	20 (5,5%)	0	0
	3	109 (29,8%)	8 (30,8%)	8 (17,0%)
	4	218 (59,6%)	16 (61,5%)	37 (78,7%)
Gemiddeld (σ)		***3,49 (0,786)***	***3,46 (0,859)***	***3,70 (0,689)***
B23	1	29 (7,9%)	3 (11,5%)	1 (2,1%)
	2	90 (24,7%)	3 (11,5%)	5 (10,6%)
	3	158 (43,3%)	10 (38,5%)	25 (53,2%)
	4	76 (20,8%)	10 (38,5%)	12 (25,5%)
Gemiddeld (σ)		***2,87 (0,948)***	***3,04 (0,999)***	***3,28 (0,852)***
B48	1	16 (4,4%)	0	4 (8,5%)
	2	33 (9,1%)	8 (30,8%)	8 (17,0%)
	3	166 (45,9%)	12 (46,2%)	18 (38,3%)
	4	145 (40,1%)	6 (23,1%)	17 (36,2%)
Gemiddeld (σ)		***3,23 (0,799)***	***2,92 (0,744)***	***3,02 (0,944)***
B64	1	10 (3,0%)	2 (7,7%)	1 (2,1%)
	2	37 (10,2%)	7 (26,9%)	5 (10,6%)
	3	155 (42,7%)	13 (50,0%)	17 (36,2%)
	4	161 (44,4%)	4 (15,4%)	24 (51,1%)
Gemiddeld (σ)		***3,28 (0,758)***	***2,73 (0,827)***	***3,36 (0,764)***

Tabel F5.20 : Frekwensies, persentasies, gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'ONDERWYSER'

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [n=26]	Praktisyns [n=47]
B12	1	13 (3,6%)	3 (11,5%)	4 (8,5%)
	2	75 (20,6%)	14 (53,8%)	12 (25,5%)
	3	160 (44,0%)	6 (23,1%)	22 (46,8%)
	4	110 (30,2%)	3 (11,5%)	7 (14,9%)
Gemiddeld (σ)		***3,06 (0,846)***	***2,35 (0,846)***	***2,81 (0,947)***
B37	1	25 (6,9%)	1 (3,8%)	4 (8,5%)
	2	73 (20,1%)	11 (42,3%)	9 (19,1%)
	3	127 (34,9%)	10 (38,5%)	18 (38,3%)
	4	131 (36,0%	4 (15,4%)	15 (31,9%)
Gemiddeld (σ)		***3,07 (0,960)***	***2,65 (0,797)***	***3,00 (0,978)***
B39	1	175 (48,1%)	16 (61,5%)	30 (63,8%)
	2	145 (39,8%)	7 (26,9%)	15 (31,9%)
	3	26 (7,1%)	2 (7.7%)	2 (4,3%)
	4	15 (4,1%)	1 (3,8%)	0
Gemiddeld (σ)		***1,70 (0,838)***	***1,54 (0,582)***	***1,57 (0,903)***
B52	1	58 (15,9%)	5 (19,2%)	11 (23,4%)
	2	134 (36,7%)	16 (61,5%)	22 (46,8%)
	3	81 (22,2%)	2 (7,7%)	5 (10,6%)
	4	87 (23,8%)	2 (7,7%)	8 (17,0%)
Gemiddeld (σ)		***2,58 (1,060)***	***2,04 (0,790)***	***2,28 (1,077)***
B66	1	7 (1,9%)	0	0
	2	22 (6,0%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
	3	217 (59,5%)	13 (50,0%)	22 (46,8%)
	4	68 (18,6%)	11 (42,3%)	22 (46,8%)
Gemiddeld (σ)		***3,38 (0,692)***	***3,35 (0,629)***	***3,47 (0,620)***

Tabel F5.25 : Frekwensies, persentasies, gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'LEERDER'

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [n=26]	Praktisyns [n=47]
B15	1	20 (5,5%)	1 (3,8%)	5 (10,6%)
	2	103 (28,2%)	13 (50,0%)	12 (25,5%)
	3	172 (47,1%)	8 (30,8%)	21 (44,7%)
	4	60 (16,4%)	4 (15,4%)	5 (10,6%)
Gemiddeld (σ)		***2,83 (0,865)***	***2,58 (0,809)***	***2,81 (1,056)***
B19	1	7 (1,9%)	1 (3,8%)	0
	2	5 (1,4%)	0	1 (2,1%)
	3	97 (26,5%)	6 (23,1%)	12 (25,5%)
	4	256 (69,9%)	19 (73,1%)	34 (72,3%)
Gemiddeld (σ)		***3,65 (0.612)***	***3,65 (0,689)***	***3,70 (0,507)***
B55	1	83 (22,9%)	5 (19,2%)	14 (29,8%)
	2	196 (54,0%)	20 (76,9%)	20 (42,6%)
	3	63 (17,4%)	1 (3,*%)	9 (19,1%)
	4	18 (5,0%)	0	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***2,07 (0,820)***	***1,85 (0,464)***	***2,09 (0,974)***
B59	1	112 (30,8%)	7 (26,9%)	10 (21,3%)
	2	165 (45,3%)	16 (61,5%)	24 (51,1%)
	3	50 (13,7%)	3 (11,5%)	8 (17,0%)
	4	30 (8,2%)	0	4 (7,5%)
Gemiddeld (σ)		***2,05 (0,973)***	***1,85 (0,613)***	***2,19 (0,947)***

Tabel F5.30 : Frekwensies, persentasies, gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'INTERAKSIE'

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [n=26]	Praktisyns [n=47]
B7	1	24 (6,6%)	4 (15,4%)	0
	2	39 (10,7%)	8 (30,8%)	7 (14,9%)
	3	125 (34,2%)	10 (38,5%)	17 (36,2%)
	4	177 (48,4%)	4 (15,4%)	22 (46,8%)
Gemiddeld (σ)		***3,25 (0,896)***	***2,54 (0,948)***	***3,36 (0,764)***
B10	1	130 (35,7%)	12 (46,2%)	16 (34,0%)
	2	165 (45,0%)	12 (46,2%)	22 (46,8%)
	3	49 (13,4%)	1 (3,8%)	7 (14,9%)
	4	18 (4,9%)	1 (3,8%)	1 (2,1%)
Gemiddeld (σ)		***1,92 (0,896)***	***1,65 (0,745)***	***1,91 (0,880)***
B41	1	119 (33,0%)	13 (50,0%)	29 (61,7%)
	2	152 (42,1%)	12 (46,2%)	13 (27,7%)
	3	62 (17,2%)	1 (3,8%)	1 (2,1%)
	4	22 (6,1%)	0	4 (8,5%)
Gemiddeld (σ)		***2,01 (0,947)***	***1,54 (0,582)***	***1,57 (1,019)***
B53	1	103 (28,2%)	13 (50,0%)	19 (40,4%)
	2	156 (42,7%)	11 (42,3%)	21 (44,7%)
	3	81 (22,2%)	2 (7,7%)	2 (4,3%)
	4	23 (6,3%)	0	5 (10,6%)
Gemiddeld (σ)		***2,08 (0,895)***	***1,58 (0,643)***	***1,85 (0,932)***

Tabel F5.40 : Frekwensies, persentasies, gemiddeldes en standaardafwyking (σ) ten opsigte van die faktor 'KONTEKS'

Item	Opsie	Studente [n=367]	Dosente [n=26]	Praktisyns [n=47]
B20	1	8 (2,2%)	3 (11,5%)	0
	2	34 (9,3%)	6 (23,1%)	9 (19,1%)
	3	189 (51,5%)	11 (42,3%)	22 (46,8%)
	4	125 (34,1%)	4 (15,4%)	14 (29,8%)
Gemiddeld (σ)		***3,26 (0,756)***	***2,85 (1,084)***	***3,19 (0,798)***
B28	1	9 (2,5%)	5 (19,2%)	3 (6,4%)
	2	32 (8,7%)	9 (34,6%)	7 (14,9%)
	3	101 (27,5%)	6 (23,1%)	19 (40,4%)
	4	220 (59,9%)	4 (15,4%)	18 (38,3%)
Gemiddeld (σ)		***3,49 (0,775)***	***2,58 (1,206)***	***3,11 (0,890)***
B50	1	61 (16,7%)	5 (19,2%)	8 (17,0%)
	2	128 (35,1%)	10 (38,5%)	18 (38,3%)
	3	132 (36,2%)	8 (30,8%)	17 (36,2%)
	4	34 (9,3%)	2 (7,7%)	3 (6,4%)
Gemiddeld (σ)		***2,46 (0,968)***	***2,38 (1,023)***	***2,38 (0,922)***
B51	1	12 (3,3%)	4 (15,4%)	2 (4,3%)
	2	44 (12,2%)	8 (30,8%)	10 (21,3%)
	3	169 (46,7%)	13 (50,0%)	20 (42,6%)
	4	132 (36,5%)	1 (3,8%)	15 (31,9%)
Gemiddeld (σ)		***3,20 (0,796)***	***2,42 (0,809)***	***3,02 (0,847)***