

HOOFSTUK 5

RESULTATE VAN DIE EMPIRIESE ONDERSOEK

5.1 INLEIDING

In Hoofstuk 4 is die verklarende gekombineerde navorsingsontwerp en die kwantitatiewe en kwalitatiewe metodes wat in die studie gevolg is, bespreek. In hierdie hoofstuk volg 'n bespreking van die resultate en bevindings van beide die kwantitatiewe en die kwalitatiewe aspekte van die navorsing ten einde die eerste twee navorsingsvrae te beantwoord (kyk 1.3). Die resultate word per navorsingsvraag bespreek (Johnson & Christensen, 2004:540) en resultate van die kwantitatiewe en kwalitatiewe ondersoeke word geïntegreer ten einde die navorsingsvrae te beantwoord. Uiteindelik word daar in Hoofstuk 6 'n model vir die effektiewe benutting van 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing in wiskunde-onderwyseropleiding voorgestel.

5.2 Bespreking van die eksperimentele- en kontrolegroepe

5.2.1 Samestelling van groepe

Die eksperimentele groep ($n = 66$) het uit voornemende onderwysers (hierna genoem studente) bestaan wat die module WSKH 111 (Elementêre Funksies) as deel van die B.Ed-program, hetsy in die Grondslagfase, Intermediêre- en Seniorfase of die Senior- en VOO-fase, volg met die oog op wiskunde-onderwys. Hierdie groep het begin as 'n groep van 66 studente, maar sommige van hulle het wiskunde gedurende die semester gestaak. 49 van die oorspronklike studente het die module voltooi. Meer as die helfte van hierdie studente het wiskunde in Graad 12 op Standaardgraad geneem. Hulle gemiddelde M-telling vir wiskunde in matriek is 3,8 (tussen 'n C- en B-simbool op SG, of tussen D- en C-simbool op HG) (kyk Tabel 5.1).

Die kontrolegroep ($n = 101$) bestaan uit studente wat wiskunde (die module WISK 111) as deel van die B.Sc-graad met Chemie, Fisika, Rekenaarwetenskap, of Statistiek as ander modules, of as deel van die Bedryfswiskunde en Informatika-program aanbied. Hierdie

studente het feitlik sonder uitsondering wiskunde in Graad 12 op die Hoërgraad geneem en 'n gemiddelde M-telling van 5,0 gehad, wat 'n A-simbool op SG of 'n B op HG verteenwoordig.

TABEL 5.1 : Bepaling van die M-telling

VAKSIMBOOL	HOËRGRAAD	STANDAARDGRAAD
A	6	5
B	5	4
C	4	3
D	3	2
E	2	1
F	1	0

5.2.2 Vergelyking van die eksperimentele en kontrolegroepe ten aanvang van die semester

Aangesien die eksperimentele- en kontrolegroepe se M-tellings van mekaar verskil, is hierdie twee groepe aan die begin van die semester met mekaar vergelyk deur effekgroottes te bereken (kyk 1.4.2.1.5). Die groepe is eerstens ten opsigte van hulle studie-oriëntasie in wiskunde vergelyk.

TABEL 5.2 : Vergelyking van eksperimentele en kontrolegroepe ten opsigte van studie-oriëntasie

	EKSPERIMENTELE GROEP		KONTROLEGROEP		
STUDIE-ORIËNTASIEVELDE	GEM	STANDAARD-AFWYKING	GEM	STANDAARD-AFWYKING	EFFEK-GROOTTE (d)
Studiehouding	41,864	7,857	39,599	8,085	0,28
Wiskunde-angs	39,558	8,265	39,839	8,4626	0,03
Studiegewoontes	41,761	7,9687	38,113	9,4395	0,39
Probleemoplossings-gedrag	29,696	7,7505	30,558	8,0136	0,11
Studiemilieu	43,191	8,5721	41,76	6,6589	0,2
Inligtingverwerking	43,458	8,9764	42,972	8,3915	0,05

Uit bogenoemde effekgroottes (Cohen se d-waardes) is dit duidelik dat die twee groepe nie prakties betekenisvol van mekaar verskil wat betref hulle studie-oriëntasie in wiskunde nie. In die besonder is daar nie 'n verskil tussen die eksperimentele en kontrolegroepe ten opsigte van hulle houdings en oortuigings nie.

In Tabel 5.3 word die eksperimentele en kontrolegroep verder met mekaar vergelyk ten opsigte van hulle konseptualisering van funksies (kyk 3.4.5). Aangesien die interpretasie-komponent 'n lae betroubaarheidskoëffisiënt gehad het (kyk 4.4.1.3.3), word die effekgroottes vir die afsonderlike interpretasievrae (Vraag 1a, 1b, 5 en 9) bereken:

TABEL 5.3 : Vergelyking van eksperimentele en kontrolegroepe ten opsigte van konseptualisering van funksies in die voortoets

	Eksperimentele groep		Kontrolegroep		
KOMPONENTE	GEM	STANDAARD-AFWYKING	GEM	STANDAARD-AFWYKING	EFFEK-GROOTTE (d)
Interpretasie: Vraag 1a	0,89	0,31	1,00	0,00	0,34
Interpretasie: Vraag 1b	1,91	1,62	1,60	1,47	0,19
Interpretasie: Vraag 5	2,29	0,89	2,18	1,19	0,09
Interpretasie Vraag 9	5,21	1,65	5,46	1,90	0,13
Omskakeling (%)	36,45	19,83	44,29	24,06	0,33
Modellering (%)	50,34	21,44	47,4	20,66	0,14
Reïfikasie(%)	38,16	20,05	48,7	24,81	0,42

Die kontrolegroep is sigbaar beter ten opsigte van die reïfikasie-komponent ('n d-waarde van 0,42). Daar moet in ag geneem word dat die gemiddelde matriekwiskunde-simbool van die kontrolegroep aansienlik beter was as die gemiddelde punt vir die eksperimentele groep, wat 'n moontlike verklaring hiervoor kan bied. Dit is duidelik dat daar in geen van hierdie komponente 'n prakties betekenisvolle verskil tussen die eksperimentele en kontrolegroepe is nie. Hierdie twee groepe kan dus as vergelykbaar met die aanvang van die semester beskou word wat betref hulle konseptualisering van funksies.

5.3 Invloed van 'n dinamies-tegnologies-verrykte leeromgewing op voornemende wiskunde-onderwysers se houdings en oortuigings met betrekking tot die leer van wiskunde

5.3.1 Statistiese ontleding van die SOW

Ten einde die eerste navorsingsdoelwit te beantwoord (kyk 1.3) is daar van die Studie-oriëntasie-vraelys in wiskunde (SOW) as 'n voor- en 'n natoets gebruik gemaak om onder andere vas te stel wat studente se houdings en oortuigings teenoor die onderrig en leer van wiskunde is (kyk 4.4.1.3.1). Die SOW is aan die begin van die semester by die eksperimentele- en kontrolegroep afgeneem, wat sou beteken dat studente die vraelys moontlik kon invul met 'n beskouing van wiskunde wat gedurende hulle skooljare gevorm is.

Die resultate van die SOW vir die eksperimentele- en kontrolegroepe word eerstens weergegee. Daar word van beskrywende sowel as inferensiële statistiek gebruik gemaak, deurdat gemiddeldes, standaardafwykings en effekgroottes gebruik word om data te ontleed.

5.3.1.1 Studie-oriëntasie van die eksperimentele groep voor blootstelling aan tegnologies-verrykte leeromgewing

In Tabel 5.4 is 'n opsomming van die studente (eksperimentele groep) se tellings ten opsigte van die verskillende studie-oriëntasievelde voor blootstelling aan die tegnologies-verrykte leeromgewing:

TABEL 5.4 : Studie-oriëntasie van die eksperimentele groep

SOW-veld	Gemiddeld	Standaardafwyking	Persentielrang
Studiehouding	41,86	7,86	65
Wiskunde-angs	39,56	8,27	43
Studiegewoontes	41,76	7,97	47
Probleemoplossingsgedrag	29,7	7,75	30
Studiemilieu	43,19	8,57	65
Inligtingverwerking	43,46	8,98	68

Ten einde 'n beter uitspraak oor studente se studie-oriëntasie te lewer word die gemiddelde tellings wat die eksperimentele groep behaal het, met die persentielrange wat vir die normgroep opgestel is, vergelyk (Maree *et al.*, 1997:25). As breë riglyn vir die interpretasie van 'n profiel word die volgende indeling voorgestel (Maree *et al.*, 1997: 11):

- (i) 70-100%: duidelik positiewe studie-oriëntasie of aspek daarvan
- (ii) 40-69%: Neutraal - kan egter tot positiewe of negatiewe studie-oriëntasie of aspek daarvan bydra
- (iii) 0-39%: duidelik negatiewe studie-oriëntasie of aspek daarvan

Wat die studente se studiehouding, studiemilieu en inligtingverwerking betref, het tweederdes van die normgroep laer tellings as die eksperimentele groep (onderskeie persentielrange van 65, 65 en 68). Die persentieltelling vir studiegewoontes is 47, wat impliseer dat meer as 50% van die normgroep beter studiegewoontes as die studente in die eksperimentele groep het. Probleemoplossingsgedrag het 'n besonder lae telling ('n persentieltelling van 30), wat daarop dui dat studente oor 'n swak probleemoplossingsvermoë en -ingesteldheid beskik. Die lae telling by wiskunde-angs ('n persentieltelling van 43), impliseer dat meer as 50% van die normgroep minder wiskunde-angs as die eksperimentele groep ervaar. Dit dui op 'n redelik hoë voorkoms van wiskunde-angs by die studente (Maree *et al.*, 1997: 11). In die algemeen dui hierdie tellings op 'n neutrale studie-oriëntasie ten opsigte van wiskunde, wat tot 'n positiewe of negatiewe studie-oriëntasie of aspek daarvan kan bydra (Maree *et al.*, 1997: 11).

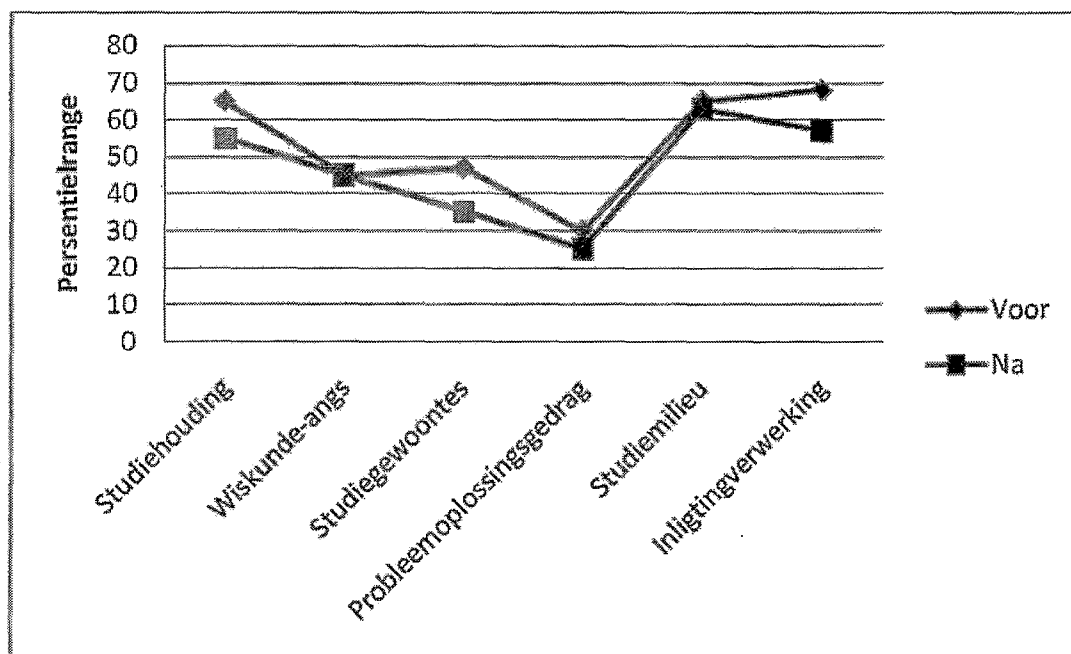
5.3.1.2 Studie-oriëntasie van die eksperimentele groep na blootstelling aan tegnologies-verrykte leeromgewing

In Tabel 5.5 word aangedui hoe die studie-oriëntasie van die eksperimentele groep verander het nadat hulle aan die dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing blootgestel is.

TABEL 5.5 : Opsomming van d-waardes vir studie-oriëntasievelde (Eksperimentele groep)

Studie-oriëntasievelde	Gemiddelde verskil	Standaard-afwyking	d-waarde
Studiehouding	-3,126	7,148	0,44
Wiskunde-angs	-0,645	5,879	0,11
Studiegewoontes	-3,106	6,626	0,47
Probleemoplossingsgedrag	-1,682	6,703	0,25
Studiemilieu	-1,493	5,993	0,25
Inligtingverwerking	-2,108	7,164	0,29

In Figuur 5.1 word die persentielrange van die eksperimentele groep in die onderskeie SOW-velde voor en na blootstelling aan die tegnologies-verrykte leeromgewing vergelyk. Hieruit kan ook duidelik gesien word hoe studente se tellings in die onderskeie SOW-velde afneem.



FIGUUR 5.1 : Persentielrange vir die onderskeie SOW-velde

In feitlik al die velde sien ons dat studente in die eksperimentele groep se studie-oriëntasie afgeneem het. Hierdie afname is in die meeste gevalle egter nie prakties betekenisvol nie. Die velde studiehouding en studiegewoontes toon egter sigbare verskille, naamlik d-waardes van onderskeidelik 0,44 en 0,47 (kyk 4.4.1.3.2). Die feit dat studente se studiehouding verswak het, impliseer dat hulle houdings en oortuigings teenoor wiskunde sigbaar afgeneem het (kyk 4.4.1.3.1). Studente se studiegewoontes het ook sigbaar verswak. 'n Moontlike verklaring hiervoor is die oorheersend tradisionele behavioristiese skoolstelsel wat leerderafhanklikheid bevorder het, asook 'n gebrek aan begrip, refleksie en self-gerigte leer (Malan, 2008:240). Studente is nou op hulle eie aangewese en eksterne kontrole figureer nie meer soos op skool die geval is nie.

5.3.1.3 Studie-oriëntasie van kontrolegroep in die natoets wat afgeneem is (geen intervensie)

'n Vergelyking word ook tussen die voor- en die natoets getref wat deur die kontrolegroep afgeleë is (Tabel 5.6).

TABEL 5.6 : Opsomming van d-waardes vir studie-oriëntasievelde (kontrolegroep)

Studie-oriëntasievelde	Gemiddelde verskil	Standaard-afwyking	d-waarde
Studiehouding	-3,929	7,115	0,55*
Wiskunde-angs	-1,458	7,925	0,18
Studiegewoontes	-3,58	8,143	0,44*
Probleemoplossingsgedrag	0,149	6,265	0,02
Studiemilieu	-1,021	7,436	0,14
Inligtingverwerking	-1,021	8,457	0,12

*Medium effek

In feitlik al die velde sien ons dat studente (eksperimentele- en kontrolegroep) se studie-oriëntasie afgeneem het. Hierdie afname is in die meeste gevalle egter nie prakties betekenisvol nie. Weereens toon die velde studiehouding en studiegewoontes egter sigbare verskille (d-waardes van onderskeidelik 0,55 en 0,44). Die feit dat hierdie verskynsel by beide die eksperimentele en kontrolegroep voorkom, beteken dat hierdie verskynsel waarskynlik nie aan die dinamiese tegnologies-verrykte omgewing toegeskryf kan word waaraan die eksperimentele groep blootgestel is nie. Studente in die eksperimentele groep se houdings en oortuigings teenoor die leer van wiskunde het egter hoegenaamd nie verbeter deur die gebruik van tegnologie nie (kyk 5.3.1.2).

5.3.1.4 Vergelyking tussen die eksperimentele en kontrolegroep ten opsigte van die natoets van die SOW

Die eksperimentele- en kontrolegroepe is deur middel van die natoets vergelyk ten opsigte van hulle studie-oriëntasie deur te korreger vir moontlike verskille in die voortoets. Dit het die effek dat moontlike verskille in vermoëns tussen die twee groepe studente statisties gekorrigeer word. Vir hierdie doel is van kovariansie-analise (ANCOVA) gebruik gemaak. Die aangepaste gemiddelde is gebruik. Om uitspraak oor beduidende verskille te lewer is die

volgende formule vir die berekening van die d-waarde gebruik: $d = \frac{|\bar{x}_E - \bar{x}_K|}{\sqrt{GKF}}$, waar GKF

die gemiddelde kwadraatfout is.

TABEL 5.7 : Vergelyking tussen die eksperimentele en kontrolegroep ten opsigte van die natoets

Studie-oriëntasie- veld	Eksperimentele groep gemiddeld	Kontrolegroep gemiddeld	$\sqrt{GKF}$ (Vierkantswortel van die gemiddelde kwadraatfout) van ANCOVA	d-waarde
Studiehouding	39,345	38,493	6,384	0,13
Wiskunde-angs	40,366	39,368	6,392	0,16
Studiegewoontes	38,777	36,927	5,644	0,33
Probleemoplossings gedrag	29,423	31,918	5,832	0,43*
Studiemilieu	42,983	42,159	5,87	0,14
Inligtingverwerking	41,952	43,659	6,784	0,25

*Medium effek

Die enigste sigbare verskil van medium effek tussen die eksperimentele groep en die kontrolegroep ($d = 0,43$) het by probleemoplossingsgedrag voorgekom, waar die kontrolegroep beter as die eksperimentele groep presteer het. 'n Moontlike verklaring hiervoor is dat die studente in die kontrolegroep onder andere oor meer en beter kognitiewe en metakognitiewe vaardighede beskik en waarskynlik beter selfgereguleerde leerders is (kyk 2.5.7).

5.3.1.5 Samevatting van kwantitatiewe resultate

Die eerste navorsingsdoelwit was om die invloed van die gebruik van dinamiese rekenaar-tegnologie op die houdings en oortuigings van voornemende wiskunde-onderwysers met betrekking tot wiskunde en wiskunde-onderdig en -leer te ondersoek. Vir die kwantitatiewe deel van die ondersoek is die SOW gebruik.

In die lig van bogenoemde kwantitatiewe data-ontleding is dit duidelik dat die eksperimentele groep se studiehouding, wat hulle houdings en oortuigings teenoor die onderrig en leer van wiskunde (kyk 4.4.1.3.1) insluit, sigbaar verswak het. Die kwalitatiewe data-ontleding word gebruik om hierdie bevindinge te verklaar.

5.3.2 Ontleding en bespreking van die kwalitatiewe data ten opsigte van studente se houdings en oortuigings ten opsigte van die leer van wiskunde

Veertien vrae is aanvanklik voorberei om aan die drie groepe voornemende onderwysers te stel. Ten einde met meer homogene groepe te werk, is die drie fokusgroepe ingedeel op grond van hulle prestasie in die funksietoets (kyk 4.4.1.3.2 en 4.4.2.2). Die onderhoud is gevoer nadat die studente ongeveer drie maande besig was met die module en dus blootstelling aan die tegnologies-verrykte leeromgewing gehad het. Aangesien dit 'n semi-gestruktureerde onderhoud was, is daar nie streng by die keuse of volgorde van vrae gehou nie. Die aanhalings uit elke transkripsie word as volg aangedui: die syfers 1, 2 en 3 word gebruik om aan te dui met watter fokusgroep die onderhoud gevoer is. Die letters A, B, C, D en E dui aan watter student in die betrokke onderhoud die opmerking maak en die daaropvolgende syfers dui aan uit watter reël in die getranskribeerde onderhoud die aanhaling kom.

5.3.2.1 Oriëntering

Studente betree die tersiêre leeromgewing met bepaalde houdings en oortuigings teenoor wiskunde, wat deur verskeie faktore gevorm is. Van hierdie faktore sluit in hulle ervaring van wiskunde op skool, leerderprestasie en onderwysers wat 'n positiewe of negatiewe invloed op studente gehad het. Verskeie studies toon dat leerders se houding teenoor wiskunde 'n belangrike rol in die leer van wiskunde speel (kyk 2.5.2). Verder kan houdings beskou word as die response wat leerders op hulle oortuigingsisteme het, en hierdie oortuigings vorm weer hulle benadering tot leer (kyk 2.5.1).

Studente betree ook die leeromgewing met 'n bepaalde motivering en verwagting rondom wiskunde, wat uit hulle houdings en oortuigings spruit. 'n Student se motivering word deur sy verwagtings rondom prestasie en sukses in wiskunde asook waargenome beheer in 'n situasie bepaal. Motivering word ook bepaal deur die waarde wat studente aan prestasie,

oortuigings aangaande die belangrikheid van, belangstelling in en bruikbaarheid van 'n bepaalde taak heg (kyk 2.5.1).

Ten einde die resultate van die kwantitatiewe data toe te lig is semi-gestruktureerde onderhoude met die studente gevoer. Op grond van die ontleding van die kwalitatiewe data het bepaalde kategorieë na vore gekom. Die bespreking van die resultate vind in die lig van hierdie kategorieë plaas.

5.3.2.2 Houdings en oortuigings wat studente met hulle saambring

Studente se houdings en oortuigings (wat deel uitmaak van hulle studiehouding) word deur hulle ervaring van wiskunde op skool gevorm, wat insluit positiewe en negatiewe beleving van onderwysers, asook leerderprestasie. Studente se motivering word deur hulle verwagtings rondom prestasie in wiskunde bepaal en sluit in hulle selfdoeltreffendheidsoortuigings, selfkonsep, verwagting rondom sukses en waargenome beheer in 'n situasie (kyk 2.5.1).

Ervaring van wiskunde op skool

Ervaring van wiskunde op skool vorm bepaalde houdings en oortuigings ten opsigte van wiskunde by studente. Opmerkings soos: *Baie makliker as nou; Baie lekker; Jy hoef nie so hard te werk nie* (Transkripsie 2E, C, D: 6,8,10) weerspieël aangename ervarings van wiskunde op skool. Hierdie aangename ervarings hou in 'n groot mate verband met die onderwyser wat hulle gehad het: "... as hy dit verduidelik het, was dit soos in "wow"; Dis eintlik logies of so iets; Hy het dit net baie interessant gemaak; Hy het vir jou verduidelik totdat jy dit verstaan het (Transkripsie 3B: 18-22).

Onderwysers roep egter om verskeie redes ook negatiewe herinneringe by studente op. Alhoewel hulle as "goeie" en "slim" onderwysers beskou word, toon sommige onderwysers nie belangstelling nie: *Ek was nog altyd mal oor wiskunde gewees, behalwe in matriek; die juffrou wat ons gehad het, sy was baie goed gewees, maar sy het so half nie meer rêrig omgee nie. Toe het ek nou die ekstra wiskunde juffrou, toe was dit nou klaar weer lekker* (Transkripsie 2F: 299;303-307). Ander onderwysers beskik weer nie oor die nodige pedagogiese kennis nie, of soos een student dit stel: *Een van ons wiskunde-onderwysers was rêrig 'n baie slim mens, en sy kon nie vir ons wiskunde oordra nie, sy kon alles doen, maar ons kon dit nie doen nie, omdat sy nie vir ons haar kennis kon oordra nie* (Transkripsie

2B: 603-605). Onderwysers se onbevoegdheid dra ook tot studente se eie vrees by dat hulle self nie genoeg kennis het om eendag wiskunde te kan onderrig nie. Dit dien egter vir sommige studente juis as motivering waarom hulle genoeg kennis wil opdoen: *dis vir my asof sy self nie wiskunde kon doen nie; en ek dink dis hoekom ek bang is om vir matrieks te gee; ek wil seker maak ek kan dit doen, want ek weet hoe het ek gesukkel, omdat sy nie geweet het rêrig, eintlik wat sy doen nie* (Transkripsie 1: 314-317).

Studente se liefde vir wiskunde word klaarblyklik ook deur hulle prestasie beïnvloed: *As jy goed doen in 'n vak, dan hou jy outomaties van die vak* (Transkripsie 2E: 530). Studente blyk ook 'n valse vertroue in hulle wiskundevermoëns te hê op grond van hulle prestasie in wiskunde op skool. Een van die minder suksesvolle studente uit fokusgroep 3 sê die volgende: *"Ek dink ek was baie goed in wiskunde op hoërskool, want my punte was vir my redelik baie goed."* (Transkripsie 3B: 277-279). Die feit dat studente as leerders op skool goed presteer het, gee moontlik 'n valse beeld van hulle werklike vermoë, veral as hulle dan later op universiteit nie volgens hulle verwagting presteer nie. Dit dra moontlik ook tot hulle ontnugtering by.

Alhoewel die meeste studente positiewe ervarings rondom wiskunde op skool gehad het, beleef hulle tog dat onderwysers net op regte of verkeerde antwoorde ingestel is: *"Nee, daar stel hulle soos net belang in jou antwoord. As jou antwoord reg is kyk hulle nie eers na die res nie* (Transkripsie 2D:26-27). In 'n groot mate is roetine-prosedures en papegaai-metodes gevolg, sonder dat leerders werklik besef hoekom hulle dit doen *"Jy oefen dit nogals eintlik in. En op die ou einde dan weet jy buitendien nie wat daar aangaan, as die goed nou gemeng word.* (Transkripsie 1B:26-28); *Daar voer juffrou jou alles met 'n teelepel* (Transkripsie 2D:49-50). Wanneer leerders dan in die eksamen kom en die vrae word anders gestel, weet hulle nie hoe om die vrae te interpreteer nie: *In die skool, jy het 'n vasgestelde ding en nou moet jy dit skielik verander in die eksamen en jy weet nie hoe nie* (Transkripsie 1F:54-55). Hulle het ook nie noodwendig die bruikbaarheid van wiskunde besef nie: *Jy het gedink hoekom het ek wiskunde, wat moet jy met wiskunde doen?* (Transkripsie 2B:32-34).

Beskouing van wiskunde

In die algemeen is studente baie onseker en onsamehangend in die definiëring van wiskunde: *...dit is 'n gesyferdheidsvak, wat jy formules gebruik om byvoorbeeld met meetkunde of met trig... uh, somme op te kan los... uh, om 'n vergelyking te vat en dit op 'n*

grafiek te sit en om hom te vat, hoe hy in sy werklikheid sal lyk, die verskil daaruit te kan wys (Transkripsie 2B:236-240). Ek sal sê dit is 'n insig-vak (Transkripsie 2C:243); Ek weet nie, dis syfers, onveranderlikes; dis moeilik om vir iemand te verduidelik wat wiskunde is (Transkripsie 1E: 240). Die gedagte van probleemoplossing skemer ook deur: Dis 'n proses waar mens probleme oplos deur gebruik te maak van getalle en sulke goed (Transkripsie 3B:42). Een student uit fokusgroep 1 sien die bruikbaarheid van wiskunde in die alledaagse lewe: Om uit te werk hoe dinge om jou werk. As jy tyd moet bereken, dan is dit syfers, as jy strukture moet bereken, dan is dit meetkunde (Transkripsie 1D:242-243).

Die studente uit fokusgroep 1 beweer dat die leer van reëls en standaardprosedures belangrik is, maar besef die noodsaaklikheid daarvan om 'n konsep te verstaan voordat dit toegepas word, terwyl die ander fokusgroepe reëls en prosedures as belangrik beskou: *En dit help nie jy ken hom uit jou kop uit, maar jy kan dit nie toepas nie (Transkripsie 1C:200). Een van die mees suksesvolle studente uit fokusgroep 1 getuig dat die leer van stellings en feite uit jou kop nie help om konsepte en beginsels te verstaan nie:*

Ek het in my matriek wiskunde, ek kon nie meetkunde doen nie, en ek het daai stellings soos 'n papegaai gaan leer en ek het al my stellings, definitief voor 100%, maar ek kon nie die somme doen nie, want ek weet nie regtig wat aangaan in die stelling nie. Ek weet nie hoe om dit toe te pas in 'n som nie, so, as jy net die stelling leer, dan help dit jou niks (Transkripsie 1D: 201-206).

Fokusgroep 2 beklemtoon dat dit aanvanklik belangrik is om roetine-prosedures te leer, maar dat die prosedures naderhand geoutomatiseer word: *" Ek dink aan die begin is dit belangrik om die roetine te leer, maar naderhand weet jy dit nou al en dan kan jy maar die stappe uitlos (Transkripsie 2E:176). Studente steun nog sterk op die transmissie-benadering van onderrig: Hulle (die leerders) moet seker die werk self verstaan, maar jy moet eers vir hom wys hoe word dit gedoen en dan kan hy dit verder vat en sy eie stappe maak, maar as hy dit nie begin weet nie, dan gaan hy nie sy eie goeters kan opmaak nie (Transkripsie 2E:186-189); Die mees suksesvolle studente (fokusgroep 1) besef die waarde daarvan dat leerders hulle eie kennis konstrueer, maar beskou stappe of prosedures tog as belangrik om met 'n probleem te kan aangaan: Hulle sê jy moet jou eie kennis konstrueer, maar jy kan nie altyd met 'n wiskundesom, partykeer werk dit uit, maar ander kere, as jy nie weet hoe om daardie wiskundesom te doen nie, gaan al jou persoonlike stappe jou niks help nie, dan moet jy iets hê om te sê: hoor hier, dis wat ek volgende moet doen (Transkripsie 1D:219-222). Selfs op*

tersiêre vlak beskou hulle die leer van stappe en prosedures as belangrik: *Kyk, party goed kan, is daar stappe, selfs nou ook, het die juffrou (dosent) vir ons gesê hier kan jy daardie drie stappe...* (Transkripsie 1B:223-224); *Dit is nie die alfa en omega nie, maar as jy nie verder kan nie...* (Transkripsie 1D:226). Sommige besef egter dat daar nie vir alle soorte probleme prosedures aangeleer kan word nie: *Jy kan nie net, dit is soos dit word lewenswerklik en sulke goeters, so jy moet ook bietjie self dink; jy kan nie net altyd resepte gebruik nie* (Transkripsie 2:227-228).

Die minder suksesvolle studente uit fokusgroep 3 is afhanklik van prosedures: *Ja, dit het my altyd baie gehelp in matriek, so ek glo in stappe, dis vir my baie belangrik* (Transkripsie 3B:90).

Studente besef dit is belangrik om bekende wiskunde in onbekende situasies toe te pas, maar trek dit nie noodwendig na hulle eie situasie toe deur nie: *Ek dink dit is belangrik, maar ek sukkel baie daarmee. Ek kan nie lewenswerklike goeters uitwerk nie, ek haat dit. Maar ek dink dit is baie belangrik, want tog sal dit jou eendag help.* (Transkripsie 3:94-97).

Studente is van mening dat leerders begrippe eerstens deur die onderwyser se verduideliking vorm en nie noodwendig deur gepaste opdragte nie. Die gedagte van transmissie-onderrig voer steeds die bo-ton: *Ek voel ook jy moet eers verduidelik voor jy vir hulle kan uit stuur met opdragte* (Transkripsie 2G:587); *Dit is dieselfde soos ons nou, ons voel (die dosent) moet ons eers verduidelik voor ons die opdrag kan doen.* (Transkripsie 2E:589); *As hulle jou nie verduidelik nie, hoe kan jy jou eie begrip vorm, want jy weet dan niks? Hulle moet jou eers sê, agtergrond gee, hoe om jou eie begrip te vorm, want anderste...* (Transkripsie 2D:594-595); *Onderwys gaan ook vir my oor jy moet kennis kan oordra aan die kind* (Transkripsie 2C:208).

Studente se aanvanklike motivering en verwagting rondom wiskunde

Studente se liefde vir wiskunde is een van die redes waarom hulle graag wiskunde as vak gekies het om te gaan onderrig: *Ek was nog altyd lief vir wiskunde* (Transkripsie 2E:526); *Ek het nog altyd gehou van wiskunde* (Transkripsie 1C:268). Hulle hou ook van die uitdaging wat wiskunde bied: *En wiskunde is nie papegaaiwerk nie, dis meer dinkwerk* (Transkripsie 1E:292). Studente se beskouing van wiskunde is ook verwant aan hoe hulle wiskundeleer aan die een kant en wiskunde-onderrig aan die ander kant sien (kyk 2.5.1). Dit is duidelik dat hierdie studente aan tradisionele onderrig blootgestel is wat glo dat die taak van die

onderwyser is om wiskundekennis aan leerders oor te dra en seker te maak dat leerders daardie kennis ontvang het. Hierdie oortuiging word weerspieël in hulle motivering om wiskunde te neem met die oog op onderrig: *Ek hou van die manier hoe ek verduidelik. Ek hou daarvan om te weet: hoor hier: hoekom doen jy dit, waar kom daai ding vandaan? Wat gebeur as jy dit op 'n ander manier doen? en ek wil dit weer vir 'n kind verduidelik. So, ek hou daarvan om hom te verduidelik* (Transkripsie 1D:286-289).

Ouers speel ook 'n rol in hulle besluit om wiskunde te neem: *Ek kom uit 'n wiskundegesin uit, my ma en pa is wiskunde-onderwysers* (Transkripsie 2C:538-539). Beroepsmoontlikhede, soos die skaarste aan wiskunde-onderwysers, dien ook as motivering om wiskunde te neem: *O daar is baie werk in wiskunde, 'n groot aanvraag* (Transkripsie 1E:292). Aangename herinneringe aan 'n sekere fase op skool beïnvloed ook studente se keuse: *Ek sal graag wiskunde wil gee, maar nie tot matriek nie, ek sal standerd 6, 7 en 8, want dit is die stadium in my lewe wat dit vir my lekker was. Standerd 9 en matriek was hel gewees* (Transkripsie 1D:336-338).

5.3.2.3 **Studente se ervaring van wiskunde op universiteit**

Studente se belewenis van wiskunde op universiteitsvlak word in die volgende paragrawe beskryf:

Ontnugtering

Een van die mees opvallende faktore wat tot studente se aanvanklike ontnugtering met wiskunde op universiteit bydra, is die verskil in prestasie op skool en op universiteit: *Op skool is dit rêrig eintlik baie lekker, dan kom jy op universiteit, dan doen jy swak en dan motiveer dit jou glad nie... rêrig. Nou op dié oomblik haat ek wiskunde, van graad 1 tot matriek was dit my beste vak, nou is dit my swakste vak* (Transkripsie 2E:248-254). Dit is weer duidelik dat studente se liefde vir die vak afhanklik is van hulle prestasie. Prestasie op skool skep moontlik ook by leerders die indruk dat hulle oor konseptuele vaardighede en kennis beskik, wat heel waarskynlik nie die geval is nie.

Die absolute teenstrydige belewenis van een spesifieke student illustreer dalk die diskrepansie wat daar by studente in die algemeen bestaan en wat dalk tot hulle aanvanklike ontnugtering bydra:

Almal het 'n liefde vir wiskunde ontwikkel in hulle skoolloopbaan, want dit is waar jy eintlik die eerste keer met wiskunde te doen het, Maar ek hou niks van wiskunde op universiteit nie, dit is rêrig nie vir my lekker nie, maar as ek terug gaan skool toe en ek gee klas, dan geniet ek dit weer. Dan dink ek terug aan die ou dae, dan kom ek weer terug universiteit toe, en dan... wiskunde, rêrig wiskunde is nie 'n grappie nie. Rêrig. (Transkripsie 2E:511-517).

Studente word gou ontnugter omdat daar nie aan hulle aanvanklike verwagtinge voldoen word nie. Soos een student uit fokusgroep 2 dit stel: *Die ding is, jy is baie gemotiveerd om nou uiteindelik 'n nuwe uitdaging te aanvaar op universiteit, en jou eerste maand twyfel jy baie sterk of jy dit moet los, want dit is rêrig, dis baie moeilik, maar naderhand begin jy nou in die storie inkom* (Transkripsie 2E:486-494).

Van die minder suksesvolle studente uit fokusgroep 3 is oorweldig deur wiskunde op universiteit: *Dis baie moeilik, onverstaanbaar* (Transkripsie 3C:8). Alhoewel studente uit fokusgroep 1 en 2 wiskunde as moeilik ervaar: *Sjoe!!!* (Transkripsie 1C:36), is dit ook vir hulle baie meer bruikbaar en lewenswerklik. Hulle sien ook die nut daarvan in: *Baie, alles is lewenswerklik, jy kan nou sien hoe gebruik jy dit* (Transkripsie 2D:21); *Baie interessant en moeilik* (Transkripsie 2F:40).

Een van die faktore wat 'n rol speel in studente se ontnugtering met wiskunde op tersiêre vlak, is die agterstand wat sommige studente glo dat hulle het (dié studente wat wiskunde op Standaardgraad geneem het). Prestasiegedrewenheid op skoolvlak neem nie die beste belang van die leerders in ag nie, en baie leerders word gedwing om ter wille van beter uitslae van Hoërgraad na Standaardgraad oor te skakel. Studente wat wiskunde op die Standaardgraad op skool geneem het, ervaar dat hulle 'n agterstand beleef en skryf die feit dat hulle met sommige onderwerpe sukkel, daaraan toe: *Ons het 'n agterstand, dink ek... want daar is goeters wat ons nou doen, wat in matriek net die Hoërgraad-kindere gedoen het, wat ons glad nie van weet nie* (Transkripsie 2E:77). Vir sommige studente is die "agterstand" wat hulle ervaar, moontlik net 'n geval van aangeleerde hulpeloosheid (kyk 2.5.1): *Soos Absolute Waardes en die oplossing van sekere... soos woordsomme, ... op Hoërgraad het hulle maniere geleer hoe om dit te kan doen, en nou moet ons dit net ewe skielik aanleer en dit is moeilik* (Transkripsie 2B:80-84). Alhoewel wiskunde dalk op skool makliker vir leerders op die SG was, strek dit nie nou tot hulle voordeel nie: *SG se werk is*

baie minder (Transkripsie 1B:622). *Dit is 'n hemelsbreë verskil tussen Standaardgraad en Hoërgraad* (Transkripsie 1D:623). *Ek dink daar kort iets tussen in, want daar is regtig 'n groot verskil* (Transkripsie 1E:625).

Die verskil in die onderrig van wiskunde op skool en op universiteit blyk ook duidelik. Daar voer Juffrou jou alles met 'n teelepel, hier kry jy die massa werk en dan moet jy maar gaan sit en dit self uit-'figure' (Transkripsie 2D:49-50); Van die begin af word jy geleer daar is nie 'n vasgestelde formule nie, jy moet kyk wat jy gaan soek. En hier leer jy van die begin af, daar is elke keer iets anders. (Transkripsie 1F:54-57). Die verskil in onderrig is nie noodwendig net negatief nie: Nee, daar (op skool) stel hulle soos net belang in jou antwoord. As jou antwoord reg is, kyk hulle nie eers na die res nie. Hier stel hulle belang, want hulle wil sien wat doen jy om by die antwoord uit te kom (Transkripsie 2D:26-28). Studente beleef dat die gaping tussen skool en universiteit te groot is: Ja, jy moet self sukkel eers met die goeters en ons is nog nie op daai vlak om alles te kan doen nou nie... (Transkripsie 2E:258-259). Daar is... daar is 'n groot gaping, tussen matriek-wiskunde en universiteitwiskunde (Transkripsie 2E:296).

Houding teenoor wiskunde

Nog 'n aspek wat tot studente se ontnugtering met wiskunde op universiteit bydra, wat moontlik tot 'n veranderde studiehouding mag bydra, is die tydsaspek. Eerstens beleef studente die periodes as te lank. Hulle raak verveeld, waarskynlik omdat die werk vir hulle oorweldigend is en hulle belangstelling verloor: ... of ek sit en wens die periode om, na 'n halfuur... ek kan nie so lank, heel tyd daarop fokus nie (Transkripsie 2D:265, 268). Dit is te veel nuwe werk op een slag (Transkripsie 2E:269).

Tweedens voel studente in die algemeen dat wiskunde baie tydrowend is: Wiskunde is 'n werkvak, ...jy kan nie anders nie, jy moet oefeninge doen, op skool ook. Mens haat die wiskunde- (en rekeningkunde-) onderwysers, want hulle gee duisende huiswerk. (Transkripsie 1D:512). Ons het soveel duisende goed om te doen, jy het nie altyd tyd om nog langer te sukkel nie, dan weet jy, nee, jy het nog soveel duisend goed en dan is jou 'mind' die hele tyd by die ander goed, dan kan jy nie lekker... (Transkripsie 2D:138-141). Studente voel ook dat hulle meer insit as wat hulle uitkry: Wiskunde is die vak wat jou die meeste besig hou, en dan wys jou punte nie eers dat jy eintlik hard werk nie, want jy werk tot laat in die aande met wiskunde (Transkripsie 2E:144-147).

Studente voel dat daar 'n groot verskil is ten opsigte van die tyd wat hulle aan wiskunde en aan hulle ander vakke spandeer. Wiskunde is meer werk in verhouding tot die ander vakke, maar dan presteer hulle beter in die vakke waaraan hulle die minimum tyd spandeer : *Nee, jy werk rêrig in die aande tot 12-uur of 1-uur, dan kom jy in toetse, dan kry jy 30% of 40%* (Transkripsie 2E:634); *Al die ander vakke is tussen 68% en 80%. Dan kom ek by wiskunde en dan weet ek nie eers of ek toelating gaan hê nie* (Transkripsie 2E:640-642). *Ek skeep baie van my ander werk af om wiskunde te doen...* (Transkripsie 2D:643).

Studente beleef ook dat die lewenswerklike probleme te veel is: *Hulle kan ook dalk die lewenswerklike dalk minder maak, want ons het glad nie lewenswerklik op skool gedoen nie, en nou skielik hierdie baie lewenswerklike* (Transkripsie 1E:677-679). Alhoewel van die minder suksesvolle studente besef dat lewenswerklike probleme belangrik is, hou hulle nie daarvan nie omdat hulle daarmee sukkel: *Ek dink dit (lewenswerklike probleme) is belangrik, maar ek sukkel baie daarmee. Ek kan nie lewenswerklike goeters uitwerk nie; ek haat dit. Maar ek dink dit is baie belangrik, want tog sal dit jou eendag help* (Transkripsie 3B:98-101). Een spesifieke student uit fokusgroep 3 sien egter glad nie die nut van lewenswerklike probleme in nie: *Nee, ons gaan dit mos nie so op skool doen nie. Hierdie nuwe ding is mos nou heel anders. Ek kan nie dink dat mens enigsins vir matrieks sulke goed gaan gee nie* (Transkripsie 3C:226-228).

Die minder suksesvolle studente uit fokusgroep 3 erken dat hulle houding sedert die begin van die semester meer *negatief* geword het (Transkripsie 3B:218). Die meer suksesvolle studente se emosies ry taamlik wipplank: *Maar nou is dit bietjie moeilik, as jy net positief daaroor raak en dink 'OK', dit gaan makliker raak, dan sal jy aan gaan. Nou, is dit 'n bietjie 'tough'* (Transkripsie 2C:499-500). Sommige studente erken hulle het dit oorweeg om die module te los, maar hulle is tog gemotiveer om dit te voltooi as gevolg van 'n skaarste aan wiskunde-onderwysers: *Nee, partykeer dink jy, nee, ek moet dit los, maar dan weet ek ook jy kan dit nie eintlik los nie, want hulle soek ook wiskunde onderwysers eendag* (Transkripsie 2C:496-497), of omdat hulle nie weet watter ander vak om te neem nie: *Ek het hierdie laaste tyd ook gedink ek is heeltemal mal, my wiskunde punte was goed laasjaar, toe besluit ek ek gaan wiskunde doen. Toe het ek nou besluit ek wil dit los, maar ek kan nie wiskunde los nie, want wat vat ek dan?* (Transkripsie 2B:503-505).

Studiegewoontes

Studente se afrigtingsgedrag kom duidelik na vore uit hulle frustrasie met die gebrek aan die beskikbaarheid van vraestelle en veral memorandums om uit te werk ter voorbereiding vir die eksamen: *Wat vir my baie sleg is, waar kry ons nou vraestelle; skool is lekker, want ons het boeke gehad.* (Transkripsie 1B:648-649); *Maar nee, ek kan nie vraestelle uitwerk as ek nie 'n memo het nie, want dan doen ek dit sommer nie, want dan besluit ek ek kan dit net sowel in die toets doen, en dan is dit ook maar verkeerd* (Transkripsie 1B:710-715); Uitsers negatiewe studiegewoontes word deur die volgende student openbaar: *Want mens is nie seker of dit reg is nie, soos eintlik, dit is nou lelik, maar eintlik sit ek elke dag in die klas, ek bid die periode om, want ek verstaan in elk geval nie wat daar aangaan nie, maar voor die toets gaan leer ek die opdrag met die memo langs my, dan kliek ek eers waaroor die werk eintlik gaan. So eintlik mors ek net haar tyd en my tyd om in die klas te sit en om die presensielys te teken, want ek weet in elk geval nie wat daar aangaan nie* (Transkripsie 2E:687-693).

Vir sommige studente uit fokusgroep 1 is ordening van die leerwerk belangrik in die leerproses: *Ek lees eers die teorie deur net om te sien wat, hoe, waar, en dan doen ek somme. Dan doen ek ook eers, lees die hoofstuk, lees die opdrag, doen die somme, lees die opdrag, so... en dan doen ek vraestelle soos gemeng. Ek moet net eers 'n prinsiep hê en dan...* (Transkripsie 1D:644-647). Studente is dit eens dat jy wiskunde moet oefen, dat hulle nooit genoeg kan leer nie, en dat daar altyd iets sal wees waarmee hulle sukkel. *Vir wiskunde moet jy oefen* (Transkripsie 1D:541). *Daar is baie meer tyd nodig; dis baie minder wat jy uit jou kop uit moet leer* (Transkripsie 1F:543); *Wiskunde kan jy nooit genoeg geleer het nie* (Transkripsie 2B:544); *Daar is altyd iets wat jy nie kan doen nie, dan dink jy: 'Nee, ek moet nog leer.'* (Transkripsie 1D:560).

Metakognisie speel 'n rol by die mees suksesvolle studente, alhoewel hulle dit nie self besef nie: *Ek praat rêrig met myself, want anderste, as ek iets nie reg gedoen het nie, dan wil ek weet: hoor hier, maar hoekom werk dit so, want vir my voel dit logies. Want ek weet, hoor hier, maar hoekom werk dit nie so nie, hoekom is daai manier reg, wat gaan fout in my manier?* (Transkripsie 1D:338-342). Studente uit fokusgroep 1 probeer om die werk hul eie te maak: *Jy moet altyd probeer om dit van toepassing te maak op jou, sodat jy dit kan gebruik. Sodat jy dit kan verstaan* (Transkripsie 1F: 319-320).

Die studente is dit eens dat voorbereiding vir die kontakssessies noodsaaklik is: *As jy nie voorberei nie, is jy verlore* (Transkripsie 1B:156); *maar jy móét voorberei, dit is soos letterlik afgehandelde werk wat jy op jou eie doen sy, sy (die dosent) noem dit nie weer nie, behalwe as jy sê: ek verstaan nie dit nie...* (Transkripsie 2B:162-166). Studente uit fokusgroep 2 ervaar voorbereiding vir kontakssessies nie heeltemal so positief nie en sukkel maar op hulle eie: *Vorberei, of probeer voorberei* (Transkripsie 2F:255). *Ja, jy moet self sukkel eers met die goeters en... ons is nog nie op daai vlak om alles te kan doen nou nie* (Transkripsie 2E:258).

Alhoewel studente nie in die klas tyd kry om in groepe te werk nie, besef die meer suksesvolle leerders die waarde daarvan om in groepe (of selfs twee-twee) saam te werk ten einde struikelblokke te oorkom: *Ek en my kamermaat swot wiskunde en as ons dit saam doen, baie keer dan kan ek net nie meer verder nie, ek weet nie wat om te doen nie, dan sal sy net iets raaksien dan sal dit iets by my 'trigger'* (Transkripsie 1F:113-116). *So, dan is dit makliker, so as jy vashaak dan, omdat ek standaardgraad was en sy hoërgraad was, dan kan sy vir my goed sê en daar is goed wat sy nie weet nie, dan kan ek haar weer daarmee help. So, dan help ons mekaar* (Transkripsie 2B:63-65). Studente slaan die waarde daarvan om aan mekaar te verduidelik, hoog aan, aangesien dit die manier is om wiskunde te verstaan. *Nee, jy moet... in die manier hoe jy wiskunde verstaan en beter doen, is reeds as jy ander mense verduidelik* (Transkripsie 2E:210-211).

Wiskunde-angs

Die gevoelens wat studente tydens die uitvoer van 'n wiskundeprobleem openbaar, of wanneer hulle 'n struikelblok teëkom, toon duidelike tekens van wiskunde-angs, wat 'n negatiewe uitwerking op studente se wiskundeprestasie het (kyk 2.5.3). 'n Gebrek aan selfvertroue in die doen van wiskunde blyk duidelik uit die studente se response. Gevoelens wissel van *redelik bang*, (Transkripsie 3B:50), tot *bekommerd* (Transkripsie 2F:91), tot *moedeloos* (Transkripsie 1F:72) en *gefrustreerd* (Transkripsie 3C:51) wanneer hulle nie die probleem kan oplos nie: *Ek sal ook sê bietjie bekommerd, en ek raak rêrig gou moedeloos. Dit is vir my 'n verskriklike ding* (Transkripsie 2D:106).

Studente blyk belangstelling te verloor wanneer dit 'n lang opdrag is, waarskynlik omdat hulle nie oor die nodige probleemoplossingstrategieë beskik om die probleem effektief op te los

nie: *Ek is ook partykeer bietjie bekommerd, maar as dit te lang opdrag is om te doen, dan raak ek bietjie vervelig* (sic) (Transkripsie 2C:111)

Alhoewel die swakker presteerders (fokusgroep 3) gemotiveer is om die probleem op te los wanneer hulle 'n struikelblok in die oplos van 'n probleem teëkom, raak hulle gou moedeloos: *Ja, ek dink ek is baie keer (gemotiveer). Maar die laaste paar toetse ... dan voel mens naderhand net so bedruk, want jy kry dit nie reg nie, dan raak jy partykeer moedeloos, ek raak redelik moedeloos* (Transkripsie 3B:61-64). Die meer suksesvolle studente in fokusgroepe 1 en 2 voel aanvanklik *negatief* wanneer hulle 'n struikelblok teëkom (Transkripsie 1E:97), maar sien gou die lig wanneer die dosent dit dan verduidelik, waarskynlik omdat hulle beter voorberei is vir 'n kontakssessie en dan bewus is van moontlike probleme, of omdat hulle die dosent se verduideliking met hulle ervaring op skool assosieer: *Maar as ek in die klas kom en Juffrou verduidelik dit, dan is dit als so duidelik* (Transkripsie 1F:106); *Studente maak baie staat op die dosent se verduideliking: So, partykeer, eintlik is die somme nie moeilik nie, dis hoekom ek sê, as sy die goed verduidelik het, dan verstaan ons dit, maar om net daar te sit...* (Transkripsie 1B:107-111).

Studente se angs en onsekerheid ten opsigte van die daaropvolgende wiskundemodules word ook in die volgende opmerking weerspieël: *Toe dink: ek nou, as dit nou so is (die eerste jaar), hoe gaan dit nie in die tweede semester wees nie, hoe gaan jou tweede jaar nie wees nie, hoe gaan jou derde jaar nie wees nie, hulle sê dit word makliker, maar jy sal nie weet nie; jy sal altyd twyfel tot jy daar kom. So daai onsekerheid van gaan jy dit maak, is jy op daai 'level' om dit te kan maak, ek dink is by almal* (Transkripsie 2B:503-510).

Die feit dat die handboek in Engels geskryf is, wat nie die studente se moedertaal is nie, blyk ook 'n struikelblok vir die studente te wees, omdat hulle nog nie aan Engelse vakterme gewoond is nie: *Ja, en daardie Engelse boek is bietjie Engels. Dit is groot woorde* (Transkripsie 2E:98-99).

Studente se houding teenoor die gebruik van tegnologie

Studente het in die algemeen 'n baie positiewe houding teenoor die gebruik van tegnologie, meer spesifiek Geometer's Sketchpad. Opmerkings soos '*Cool*' (Transkripsie 2E:368), '*lekker*' (Transkripsie 1B,C:361,362), '*interessant*' (Transkripsie 2B:377, 391), '*opgewonde daaroor*', staaf hierdie positiewe houding. Een student sien dit ook as 'n *uitdaging* (Transkripsie 3B:181), terwyl ander erken dat hulle versigtig opgewonde daaroor is: *Jy is*

maar elke dag onseker, want omtrent elke dag leer ons nog ietsie nuuts. Verstaan, so mens sal in daardie proses raak, al is jy nog bietjie bangerig, maar met tyd raak jy gemotiveer en kan jy dit doen (Transkripsie 2E:383-385).

Sekere konsepte, soos die helling en hiperbole, het vir studente duideliker geword: *Ons verstaan beter* (Transkripsie 2E:414). *Hiperbole was nooit my sterk punt gewees nie. Met die rekenaar kan jy nou soos toe ons daar so lank gesit het met al daai grafieke wat ons deurgewerk het, kan jy nou mooi sien wat gebeur, nou eintlik as jy dit doen en dit doen* (Transkripsie 2D:417-422); *Dit is maklik om goeters dan beter in te sien, veral met die grafieke. Soos byvoorbeeld die helling wat ons nou die dag uitgewerk het, dit het vir my nogal 'actually' sin gemaak en as jy die goedjies trek, en as jy in tik en hy skuif twee plekke soontoe...* (Transkripsie 3B:201-203). Hierdie response van die studente bevestig dat tegnologie ook as 'n vennoot gesien word (Kyk 2.5.8)

Studente uit fokusgroep 1 lê ook selfwerkzaamheid aan die dag wanneer hulle die werk nie verstaan nie en maak van die geleentheid gebruik om voor die kontakssessie op hulle eie in die rekenaarlaboratorium te gaan werk om seker te maak hulle verstaan die werk: *Wat dit net baie lekker maak, ons het baie keer, dan sit ons, dan het ons nie 'n 'clue' wat aangaan by hierdie grafieke nie, dan gaan jy maar net bietjie vroeër in die oggende (om in die rekenaarlaboratorium te werk)* (Transkripsie 1F:410-416).

Die gebruik van tegnologie bespaar ook baie tyd, aangesien studente nie grafieke met die hand hoef te teken nie, veral komplekse funksies: *Dit vat net bietjie vinniger (met die rekenaar)* (Transkripsie 2F:374); *Dis net as jy sukkel om hom te teken, dan gaan jy nie 6000 waardes in vervang en hom gaan teken nie, so, dit maak dit soveel makliker en daarna dan verstaan jy dit* (Transkripsie 1F:410-416).

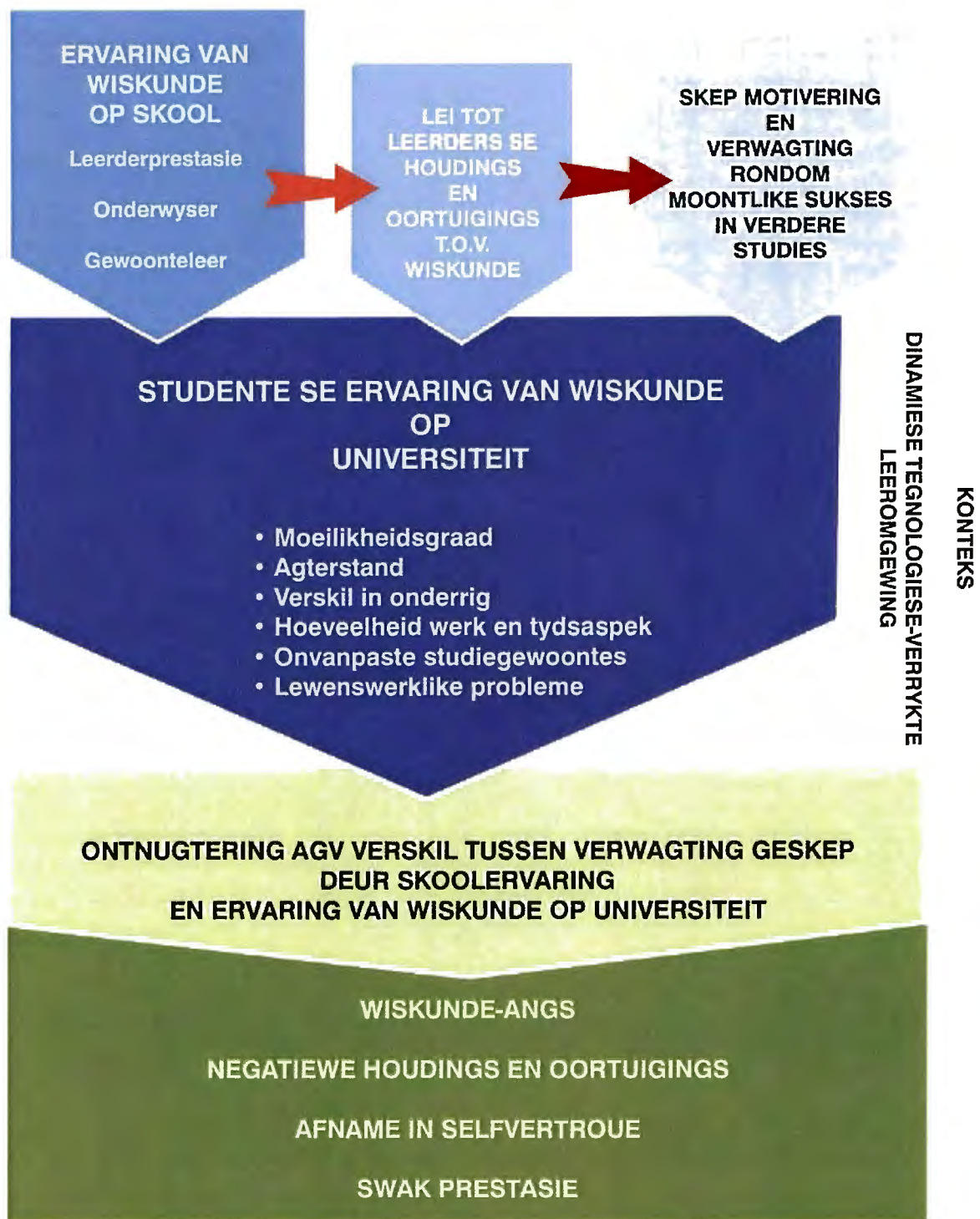
Geometer's Sketchpad bied ook aan studente die geleentheid om grafieke baie meer akkuraat te konstrueer as wat met die hand die geval sou gewees het: *Jy sal nie met jou hand alles kan akkuraat teken nie, ek meen dis te veel moeite* (Transkripsie 1F:388). Nog 'n voordeel wat deur studente opgemerk word is dat dit kognitiewe prosessering verminder: *Dit verminder nogal jou denke.* (Transkripsie 1D:382), sodat hulle eerder op hoër-orde-denke kan fokus: *Jy verstaan die werk net baie makliker as jy nie self hoef te teken nie* (Transkripsie 2C:430).

Studente verkry ook meer selfvertroue in die doen van wiskunde en twyfel nie meer of hulle grafieke reg geteken is nie: *Maar ek dink 'n voordeel van dit is ook as jy iets met jou hand moes teken op skool, jy was nooit seker is my vergelyking reg nie, en nou het jy hierdie program, jy druk dit net in, en daar is hy..* (Transkripsie 1B:436-440). Uit hierdie response blyk dit dat tegnologie as 'n dienskneg of hulpmiddel beskou word (kyk 2.5.8).

Die nadeel is dat dit vir sommige leerders nog steeds 'n meganiese uitvoer van prosedures is. In hierdie geval word tegnologie as gesagvoerder beskou (kyk 2.5.8): *Partykeer dan kliek jy net op die rekenaar en die ding kom op, maar dan weet ek nie eintlik presies mooi hoe om hom te teken nie met die vrye hand nie, dit is een nadeel* (Transkripsie 1E:431-433); *Maar ek moet ook sê, ek kan dit met Geometer's Sketchpad doen, maar as jy nou vir my dit met die hand gee, gaan ek dit nie kan doen nie* (Transkripsie 1D:393-394); *Dis net by daai saamgestelde grafiek weet ek nou nog nie. Ek weet jy plus die goed, maar ek weet nie hoe doen jy hom met die hand nie, hoe de hel sit jy dit bymekaar nie* (Transkripsie 1D:398-400).

5.3.2.4 Samevatting van kwalitatiewe resultate

Die belangrikste aspekte wat uit die semi-gestruktureerde onderhoude na vore gekom het, word in die volgende figuur (Fig. 5.2) saamgevat en vervolgens bespreek:



FIGUUR 5.2 : Samevatting van die semi-gestruktureerde onderhoude

Uit bostaande onderhoude is dit duidelik dat studente die tersiêre leeromgewing met bepaalde houdings en oortuigings ten opsigte van wiskunde en die leer en onderrig daarvan betree wat reeds op skool gevorm is. Hierdie houdings en oortuigings dra daartoe by dat daar 'n bepaalde motivering by studente bestaan waarom hulle wiskunde as vak neem en dat hulle sekere verwagtinge rondom hulle prestasie in wiskunde en die onderrig en leer van wiskunde op universiteitsvlak koester. Die studente beleef egter ontnugtering, aangesien daar 'n groot verskil in belewenis van wiskunde op skool en wiskunde op universiteit is. Die wyse van aanbieding is anders; daar word verwag dat hulle selfgeregleerde leerders sal wees wat meer op hulle eie voorberei; dat hulle konsekwente studiegewoontes aan die dag sal lê en dat hulle verantwoordelikheid vir hulle eie leer sal aanvaar. Omdat die meeste studente nie in staat is om dit te doen nie, mag dit moontlik daartoe lei dat hulle houdings en oortuigings meer negatief word. Negatiewe houdings lei tot swakker motivering, en uiteindelik vind dit neerslag in hulle prestasie (kyk 2.5.2).

Dit is moontlik dat die positiewe belewenis van 'n tegnologies-verrykte leeromgewing (kyk 2.5.8) oorskadu word deur negatiewe houdings en oortuigings en persepsies dat hulle deur die werk oorweldig word. Uit die response van die studente kom die gedagte van "nog nie op 'n sekere vlak" om bepaalde take te bemeester of om werk voor te berei nie, na vore. Dit getuig daarvan dat studente nog nie tot selfgeregleerde leerders ontwikkel het nie (kyk 2.5.7).

5.3.3 Verklaring en gevolgtrekking ten opsigte van die eerste navorsingsdoelwit

Omdat die moontlike afname in studente se studiehouding en studiegewoontes by beide die eksperimentele groep en die kontrolegroep voorgekom het, kan hierdie verswakking nie aan die tegnologies-verrykte leeromgewing waaraan slegs die eksperimentele groep blootgestel is, toegeskryf word nie. Die dinamiese tegnologiese-verrykte leeromgewing het egter ook geensins daartoe bygedra dat studente se houding en oortuiging teenoor die leer van wiskunde verbeter het nie. Die vraag kan nou ontstaan waarom dit dan nie die geval is nie.

Een moontlike verklaring hiervoor mag wees dat leerders op skool leer om prosedureel te werk (Engelbrecht *et al.*, 2005:1). Solank as wat hulle prosedureel te werk gaan en hulle wiskundevaardighede prosedureel getoets word, presteer hulle goed en kry hulle selfvertroue in die doen van wiskunde. Hulle beskou wiskunde as 'n stel reëls en prosedures

wat nagevolg moet word en werk vraestelle uit met die memorandum wat voorsien word. Hierdie “afrigting” veroorsaak dat hulle 'n wanpersepsie van hulle werklike wiskunde vermoëns en -konseptualisering kry.

Wanneer hulle egter op universiteit kom en daar van hulle verwag word om meer selfstandig en konseptueel te werk te gaan, word hulle deur die werkswyse, die hoeveelheid werk, die handboek en die aard van die probleme waarmee hulle gekonfronteer word, oorweldig (“Hierdie lewenswerklike probleme!”). Die werkwyse vereis van hulle dat hulle hul bestaande studiegewoontes verander of aanpas. In baie gevalle veroorsaak dit egter meer angs en onsekerheid by studente wat ervaar dat hulle nog nie op 'n sekere “vlak” is om bepaalde dinge te kan doen nie: *jy moet self sukkel eers met die goeters en... ons is nog nie op daai vlak om alles te kan doen nou nie* (Transkripsie 1E:258-260).

Alhoewel studente positief voel oor die gebruik van tegnologie, het dit nie noodwendig hulle houding en oortuigings teenoor die leer van wiskunde positief beïnvloed nie. Dit stem ooreen met navorsingsresultate deur Cretchley en Harman (2001:4) en Cretchley en Galbraith (2002:8), wat gevind het dat daar 'n lae korrelasie tussen houding teenoor wiskunde (wat selfvertroue en motivering insluit) en die gebruik van tegnologie is.

Die gevolgtrekking waartoe uit die triangulasie van die kwantitatiewe en kwalitatiewe resultate, en ook die literatuur, gekom word, is dat studente se houdings en oortuigings nie verbeter deur die blootstelling aan 'n tegnologies-verrykte leeromgewing nie. Dit wil dus voorkom asof studente nie gereed is om baat te vind by 'n tegnologies-verrykte leeromgewing nie. In Hoofstuk 6 word 'n model voorgestel om studente gereed te maak en voor te berei sodat hulle wel baat kan vind by sodanige leeromgewing.

5.4 Die invloed van 'n dinamies-tegnologies-verrykte leeromgewing op voornemende wiskunde-onderwysers se konseptualisering

5.4.1 Kwantitatiewe resultate

5.4.1.1 Vergelyking van die eksperimentele en kontrolegroep ten opsigte van die funksie-natoets

Die eksperimentele en kontrolegroep word deur middel van die natoets vergelyk ten opsigte van hulle konseptualisering van funksies deur te korreger vir moontlike verskille in die voortoets (kyk Bylaag D). Dit het die effek dat die moontlike verskil in akademiese vermoë tussen die twee groepe studente statisties gekorrigeer word. Vir hierdie doel is van kovariansie-analise (ANCOVA) gebruik gemaak (kyk 1.4.2.1.5). Die aangepaste gemiddelde is in verdere vergelykings gebruik. Die interpretasie-komponent in die natoets het slegs uit een vraag bestaan en is gekorrigeer vir die voortoets-telling van vraag 1b (in die funksie-voortoets).

TABEL 5.8 : Effekgroottes bereken vir die eksperimentele en kontrolegroep in die funksie-natoets

Komponente	Gemiddeld		$\sqrt{GKF}$ van ANCOVA	p-waarde	d-waarde
	Eksperimen- tele groep	Kontrole- groep			
Interpretasie(%)	56,98	53,99	24,08	0,5	0,12
Omskakeling(%)	45,907	53,166	22,01	0,096	0,33
Modellering(%)	44,88	4,38	27,02	<0,0001	1,5
Reïfikasie(%)	61,98	58,11	26,11	0,46	0,15

Die enigste prakties betekenisvolle verskil in die twee groepe se konseptualisering van die funksiekonsep het by die modelleringskomponent voorgekom (d-waarde van 1,5). Hierdie twee groepe het in die voortoets nie prakties betekenisvol van mekaar verskil ten opsigte van die modelleringskomponent nie (kyk 5.2.2). Die groot verskil in prestasie tussen hierdie twee groepe met betrekking tot die modelleringskomponent mag moontlik toe te skryf wees aan die feit dat die eksperimentele groep op 'n volgehoue basis blootgestel is aan lewenswerklike probleme, terwyl dit nie die geval met die kontrolegroep was nie.

5.4.1.2 Vergelyking van die eksperimentele groep in die voor- en natoets

Om vas te stel of daar enige praktiese betekenisvolle verskil in die eksperimentele groep se konseptualisering van die funksiekonsep voorgekom het nadat hulle aan die tegnologie-verrykte leeromgewing blootgestel is, is effekgroottes bereken (kyk 4.4.1.3.2). Tabel 5.9 vertoon die d-waardes soos bereken vir die eksperimentele groep. Die effekgrootte vir die interpretasie-komponent is nie bereken nie, aangesien die interpretasie-komponent 'n lae betroubaarheid in die voortoets gehad het.

TABEL 5.9 : Effekgroottes bereken vir die eksperimentele groep

	Gemiddelde verskil	Standaardafwyking van die verskil	p-waarde	d-waarde
Modellering	-5,086	36,89	0,3	0,14 (verswak)
Omskakeling	7,62	21,81	0.01	0,35
Reïfikasie	22,19	30,1	0,000001	0,74*

*Groot effek

Effekgroottes is ook vir die kontrolegroep bereken om vas te stel of daar prakties betekenisvolle verskille tussen die voortoets en die natoets voorgekom het (Tabel 5.10).

TABEL 5.10 : Effekgroottes bereken vir die kontrolegroep

	Gemiddelde verskil	Standaardafwyking van die verskil	p-waarde	d-waarde
Modellering	-43,4	22,62	<0,0001	1,92 (verswak)
Omskakeling	10,714	27,88	0,009	0,38
Reïfikasie	11,05	30,34	0,01	0,36

Ten opsigte van die reïfikasie-komponent het die eksperimentele groep prakties betekenisvol verbeter ($d = 0,74$), terwyl die kontrolegroep nie prakties betekenisvol verbeter het in enige van die bevoegdheidskomponente ten opsigte van die funksiekonsep nie.

5.4.1.3 Samevatting van die kwantitatiewe resultate

Die enigste komponent in die funksietoets waar die eksperimentele groep prakties betekenisvol verbeter het, is ten opsigte van die reïfikasiekomponent. Dit is interessant, aangesien die reïfikasiekomponent juis een van die moeilikste komponente is om te bemeester (kyk 3.4.5). Dit blyk dus asof die betekenisvolle veranderinge in die hoër vlakke van konseptualisering plaasvind en nie noodwendig in die ander komponente nie. Hierdie verskynsel word ook in die literatuur bevestig deur Balacheff en Kaput (1996:469), wat beweer dat tegnologie 'n impak op die reïfikasie van wiskundekonsepte en –verwantskappe het. Tegnologie bied aan studente die geleentheid om meer direk met konsepte en verwantskappe om te gaan as daarsonder. Die feit dat die eksperimentele groep prakties betekenisvol beter as die kontrolegroep in die modelleringskomponent in die funksie-natoets presteer het, is eerder 'n geval van dat die kontrolegroep soveel swakker in die modelleringskomponent in vergelyking met die funksie-voortoets presteer het.

5.4.2 Ontleding van taakgebaseerde onderhoude

Studente het in taakgebaseerde onderhoude vyf vrae wat op die vier bevoegdheidskomponente gebaseer is (kyk 3.4.5) beantwoord. Daar is onder andere ook ondersoek

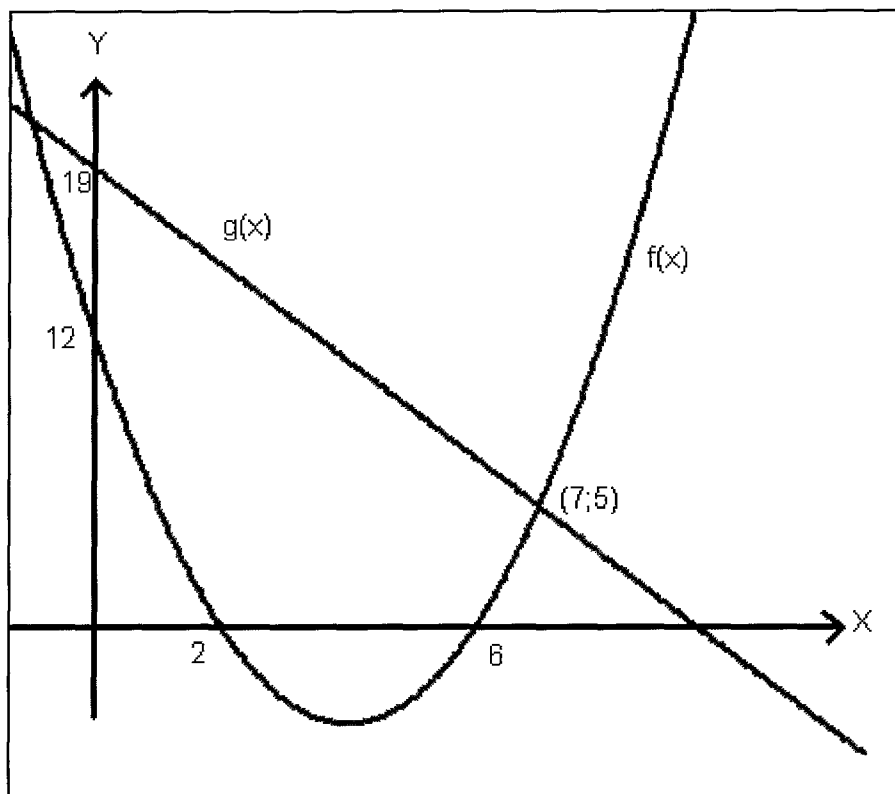
ingestel na studente se metakognitiewe vaardighede van voorspelling, beplanning, evaluering en monitering (kyk 4.4.2.3.2).

Vir die ontleding van die onderhoude is van 'n model gebruik gemaak wat op Goldin (1997:55) se model (kyk 4.4.2.3.2) gebaseer is. In die ontleding van die onderhoude word op studente se gebruik van eksterne voorstellings, formele wiskundenotasie, die gebruik van metakognitiewe strategieë, asook die affektiewe, naamlik emosies en waarneembare gedrag tydens probleemoplossing gefokus (kyk 2.5.6). Die vier fases waardeur leerders eksterne voorstellings maak (kyk 3.5), word hiermee gekombineer. Die wisselwerking tussen hierdie voorstellings voorsien 'n manier waarop afleidings na afloop van die taakgebaseerde onderhoude gemaak is.

Eksterne voorstellings

Die meeste studente is in staat om die reguit lyn se vergelyking vanaf die grafiek te bepaal (Vraag1, Bylaag E):

Vraag 1



(c) Bepaal die vergelyking van die reguit lyn

Lyn: <u>Vorm</u>: $y = mx + c$ $y = mx + 19$ ✓ $5 = 7m + 19$ $7m = -14$ $m = -2$ ✓
$y = -2x + 19$

Student 5

Wanneer studente egter die vergelyking van die parabool vanaf die grafiek moet bepaal, is dit duidelik dat die meeste van hulle probleme ervaar: "Ek kon nog nooit parabole doen nie". (Student 1). Studente is ook geneig om terug te val op formules wat hulle op skool gedoen

het, maar toon nie werklik konseptuele begrip van dit wat in 'n vraag verlang word nie: "lets van p en q ; ek kan nie meer onthou nie".

Dit blyk ook dat die meeste studente die vergelyking van die parabool nie kan onthou nie, en ook nie weet watter vergelyking om in hierdie bepaalde geval te gebruik nie. Die rede daarvoor is waarskynlik dat studente op skool voorgesê is watter vergelyking om te gebruik en dit dan bloot as 'n roetine-prosedure voltooi het, of dat die vergelykings sonder betekenis aangeleer is: "Ek kon altyd die reguit lyn uitwerk, maar sukkel partykeer met die parabool, waar wat moet kom, vergeet ek" (student 14). Alhoewel die meeste van hulle raaksien dat hulle in hierdie geval die wortels van die parabool kan gebruik om die vergelyking te bepaal, wil sommige ook by die parabool se vergelyking 'n gradiënt bereken. In die vergelyking $y = a(x - x_1)(x - x_2)$ sê hulle dat a die gradiënt voorstel, soos geïllustreer word in die volgende twee gevalle:

Vraag 1 (d): Bepaal die vergelyking van die parabool

$$\begin{aligned}
 \text{parabool } y &= a(x - x_1)(x - x_2) \\
 5 + 2 &= \left(\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}\right)(x - 2)(x - 6) \\
 5 + 2 &= \frac{0 - 12}{2 - 6}(7 - 2)(7 - 6) \\
 5 + 2 &= \frac{-12}{-4} a(5)(1) \\
 a &= -6 = 1 \\
 y &= 1(x - 2)(x - 6)
 \end{aligned}$$

Student 8

$$\begin{aligned}
 y &= mx + c. & (9,5,0), (0,19) \\
 m &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} & \text{punt } (4, -4) \text{ } (7,5) \\
 &= \frac{19 - 0}{0 - 9,5} & \\
 &= \frac{19}{-9,5} \checkmark & \\
 &= -2, & \\
 & & 9 = \frac{5 - (-4)}{7 - 4} (28 - 11x + x^2) \\
 & & \\
 & & (7,5) \quad 9 = \frac{9}{3} \\
 \text{Vervang } 5 &= (-2)(5) + c & 9 - 3 = (28 - 11x + x^2) \\
 5 &= -10 + c & 6 = 28 - 11x + x^2 \\
 \therefore c &= -\frac{1}{2} & \therefore y = x^2 + 11x - 20 \\
 y &= -2x - \frac{1}{2} &
 \end{aligned}$$

Student 13

In die volgende geval raak die student met twee verskillende vorme van die parabool deurmekaar, naamlik die standaardvorm en die draaipuntvorm (Vraag 1(d), Bylaag E):

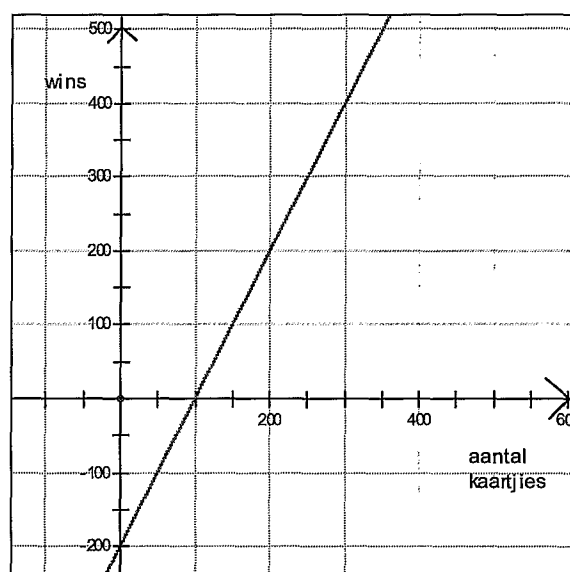
$$\begin{aligned}
 y &= ax^2 + bx + c \\
 y &= ax^2 + bx + 12 \\
 y &= 4(x-2)(x-6) + 12 \\
 &= 4(x^2 - 8x + 12 + 12) \\
 &= \underline{4x^2 - 32x + 48}
 \end{aligned}$$

Student 7, Vraag 1

Dit is belangrik om daarop te let dat hierdie bepaalde probleem nie 'n lewenswerklike probleem was nie. Dit moes ook vir studente bekende werk wees deurdat hulle dit op skool en ook gedurende die pasafgelope semester gedoen het.

Wanneer studente direk gevra word om die helling of gradiënt van 'n bepaalde reguit lyn vanaf 'n grafiek te bepaal, is dit ook geen probleem vir hulle nie. As hulle egter 'n vraag oor die lewenswerklike betekenis van hierdie helling moet beantwoord, is hulle nie in staat om dit te doen nie. Studente sien nie die verband tussen die koste van 'n kaartjie en die helling van die reguit lyn raak nie, soos uit die antwoorde op die volgende vraag blyk (Vraag 2, Bylaag E):

Vraag 2:



Die grafiek toon die wins van 'n Valentynsbal as 'n lineêre funksie van die aantal kaartjies wat verkoop is.

(d) Wat word deur die helling van die grafiek voorgestel?

Die volgende response is van die studente verkry:

Daar die stygende grafiek is en of
dit wins gaan wees X

Student 1

Hoe die wins toe neem hoe meer
kondities verkoop word X

Student 13

helling = gradiënt
Verbind die y-as met die x-as en stel in reguit lyn
voor

Student 6

Studente maak ook nie van alternatiewe eksterne voorstellings soos 'n tabel gebruik in die beantwoording van die vraag nie, wat 'n bevestiging is vir die feit dat hulle wel een soort eksterne voorstelling kan gebruik, maar in sommige gevalle nie eens 'n ander voorstelling parallel aan die eerste gebruik nie. Hulle is dan ook verbaas as die probleem interpretasie verg, aangesien hulle juis verwag dat hulle formules moet gebruik: "Ek het gedink ek gaan baie formules moet gebruik, maar dit is basies net afleeswerk". Dit is weer 'n bevestiging van die feit dat leerders op skool te veel op prosedures staat maak ten koste van werklike konseptuele begrip. Verder ondervind studente probleme om 'n funksie vanuit die grafiese voorstellingsvorm te definieer, wat daarop dui dat hulle nie die omskakelingskomponent van die funksiekonsep bemeester het nie (kyk 3.4.5.3):

Vraag 2 (f): Definieer 'n funksie wat die wins uitdruk as 'n funksie van die aantal kaartjies wat verkoop is

$$\begin{aligned} -200y &= x \\ -100y &= \frac{1}{2}x \\ y &= -0,005 \end{aligned}$$

Student 1

$$W = -2K - 200$$

Student 11

$$\begin{aligned} P &= \text{aantal kaartjies} \times \text{kaartjiese prys} \\ P^2 &= x^2 + y^2 \\ y^2 &= x^2 + P^2 \end{aligned}$$

Student 10

Hieruit blyk ook dat studente nie hulle antwoord in verband bring met die grafiese voorstelling van die reguit lyn wat gegee is nie (Vraag 2, Bylaag E).

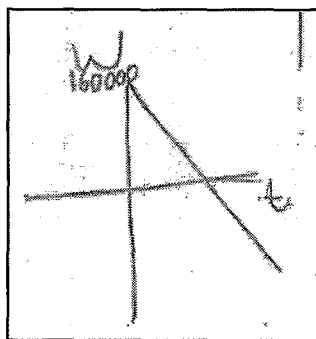
In gevalle waar studente wel twee voorstellings gebruik, soos in Vraag 4 (Bylaag E), waar die waarde van 'n motor in 'n tabel aangegee word t jaar nadat dit gekoop is, teken sommige wel 'n grafiek, maar bring weer nie die grafiese voorstelling in verband met die vergelyking wat hulle uiteindelik kry nie. As hulle dan ook (verkeerdelik) 'n positiewe helling vir die reguit lyn kry, wonder hulle ook nie eers oor die sinvolheid van hulle antwoord nie. Dit is weer 'n bevestiging van die feit dat studente in die algemeen nie reflekteer op hulle antwoord nie, wat op 'n gebrek aan metakognitiewe vaardighede dui (kyk 2.5.7).

Vraag 4

Die volgende tabel gee die waarde (W) van 'n motor vir die aantal jare (t) nadat dit gekoop is:

T	W
0	R160 000
2	R135 000
4	R110 000
6	R85 000

Vraag 4 (b): Skryf 'n vergelyking neer waar in die waarde W uitgedruk word as 'n funksie van die tyd t



$$W = t - 12,500$$

Student 9

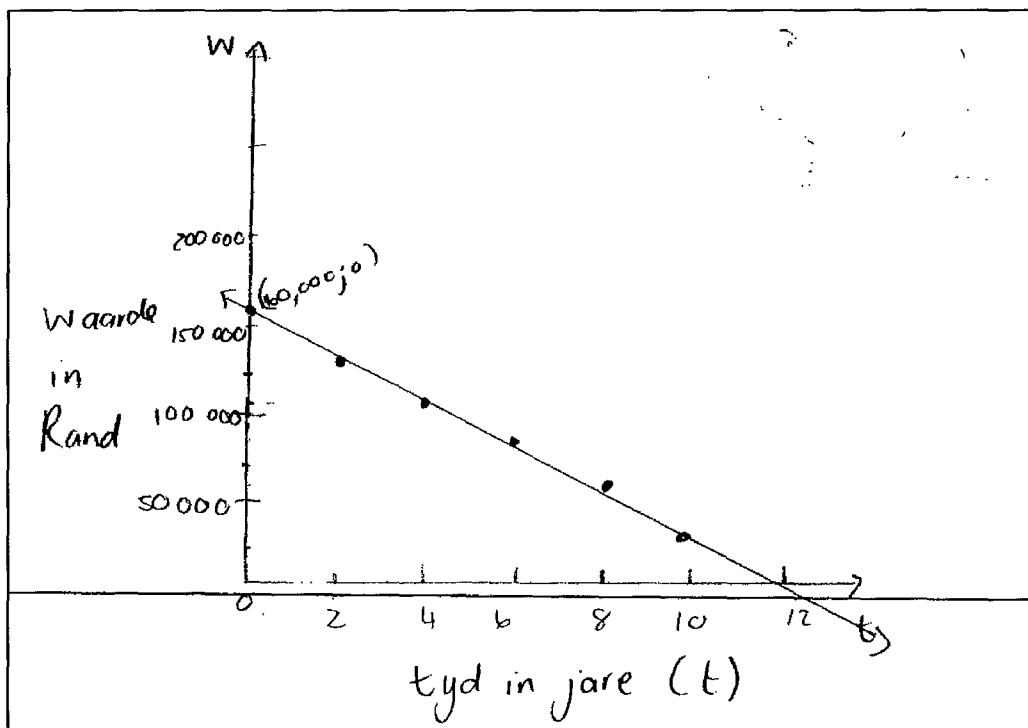
$$y = 12500x + 160000$$

Student 13

$$W(t) = 10t - 35000$$

Student 11

Sommige studente is in staat om 'n akkurate grafiese voorstelling van die waardes in die tabel te gee, maar kan glad nie die funksionele verwantskap daaruit formuleer nie:



$$160,000 W = 0 t$$

Student 1, Vraag 4

In Vraag 5 (kyk Bylaag E) waar studente 'n gegewe situasie moet modelleer, gebruik twaalf uit die vyftien studente nie alternatiewe voorstellings soos 'n grafiek of 'n tabel met waardes om hulle met die vraag te help nie. Indien hulle egter wel 'n tabel of grafiek teken (dikwels as gevolg van 'n wenk deur die onderhoudvoerder), is daar geen aanduiding dat hulle dit enigsins in die oplossing van die probleem gebruik nie, alhoewel hulle die vraag korrek beantwoord. Hierdie resultate stem ook ooreen met Hitt (1998:134) se bewering dat leerders die grafiese voorstellingsvorm van 'n funksie vermy, terwyl hulle die algebraïese voorstellingsvorm verkies (kyk 3.6).

Vraag 5

Ben wil geld insamel vir sy studies deur worsbroodjies vanuit 'n koswaentjie voor 'n gebou te verkoop. Hy betaal die eienaar van die koswaentjie R35,00 per dag vir die gebruik van die waentjie. Hy verkoop die worsbroodjies teen R4 elk. Die koste per worsbroodjie is R2,50.

- (a) Hoeveel worsbroodjies moet hy verkoop om gelyk te breek?
- (b) Wat is sy wins as hy 130 worsbroodjies verkoop?
- (c) Hoeveel worsbroodjies moet hy verkoop om 'n wins van R100 te maak?
- (d) Skryf 'n vergelyking neer wat die wins uitdruk as 'n funksie van die aantal worsbroodjies wat verkoop is.

a) $y = 4 - 2,5x$
 $y = 1,5$ is die wins. per broodjie.
 $y = 1,5x - 35$
 $0 = 1,5x - 35$ waar $y = 0$ vir gelykbreekpunt
 $35 = 1,5x$
 $23,3 = x$
 $\therefore$ Die persoon moet 24 woorsbroodjies verkoop om 'n gelykbreekpunt te kry

b) $y = 130(1,5) - 35$
 $y = 160$ ✓

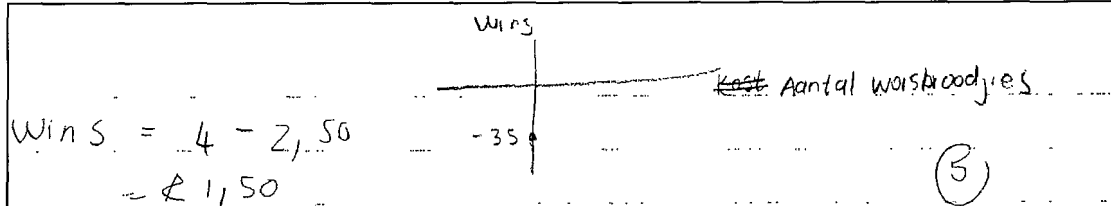
c) $100 = R(x(1,5)) - 35$
 $135 = x(1,5)$
 $x = 90$ Alhoewel 90 woorsbroodjies verkoop

d) $P = x(4 - 2,5) - 35$
 $P = 1,5x - 35$ ✓
 $R = \frac{3}{2}x - 35$

x = aantal	y = koste

Student 10

In die volgende geval lyk dit asof die student aanvanklik 'n grafiese voorstelling wou teken, maar sy voltooi dit nie en val dadelik weg met die beantwoording van die vraag. Dit is duidelik uit die antwoorde wat sy doodtrek dat sy baie twyfel



a) $\text{R } 35 \div \text{R } 1,50$
= ~~24~~ 24

∴ Hy moet ten minste ²⁴ ~~24~~ worsbroodjies verkoop

b) Wins = $(130 - \frac{106}{24}) \times \text{R } 1,50$ ✓
= $\frac{106}{24} \times \text{R } 1,50$
= ~~R 81,50~~ R 159 ✓

c) $100 = (x - \frac{24}{1}) \times 1,50$
 $66,6 = x - 9$
 $x \approx \text{R } 75,6$

d) $W = (x - \frac{24}{1}) \times 1,50$
= $(x \times 1,50) - \text{R } 35$

Student 5

Alhoewel sommige studente Vraag 5a-c korrek beantwoord, kom hulle nie uit by die vergelyking wat gevra word nie. As hulle maar van 'n tabel met waardes gebruik gemaak het, sou hulle dalk makliker 'n vergelyking kon saamstel wat die wins as 'n funksie van die aantal worsbroodjies wat verkoop is, uitdruk, soos die volgende gevalle toon:

(a) $R1,50 \times z = R3,00$. $\frac{10}{30}$ worsbroodjies = $R30$. (11)
 $R1,50 \times 4 = R6,00$. $R35 \div 1,50 = 23$
 Hy moet so $z = 23$ worsbroodjies verkoop. ✓

(b) $130 \times 4 = R520$
 $130 \times R1,50 = R195$
 $130 \div 1,50 = 86$
 $R520 - R195 = R325$
 $R325 \div 1,50 = 216$
 Hy gaan $R195$ wins hê.

(c) $66 + 23 = 89$
 ± 27 worsbroodjies.

(d) $w = 27 + 100$

Student 11

$$d) y = 1,50(x) + 0$$

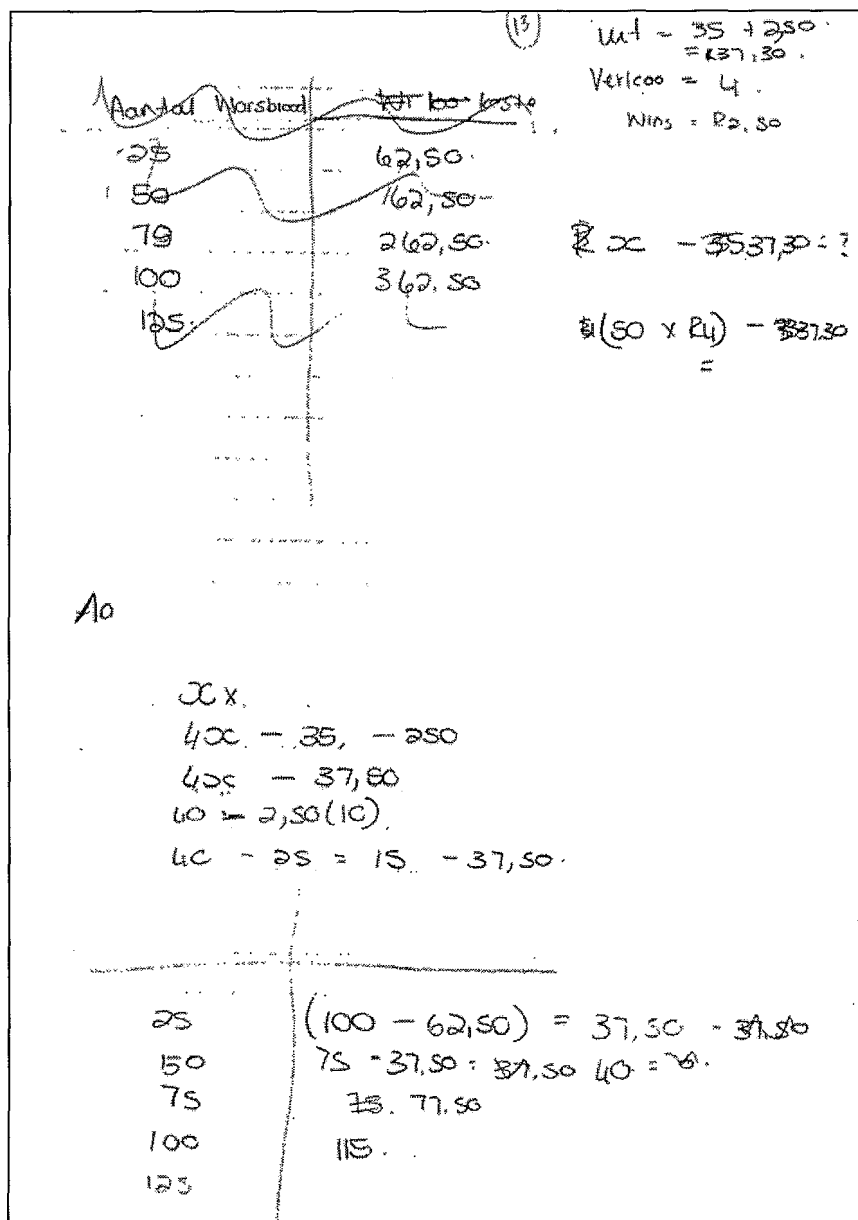
$$y = 1,50x$$

Student 4

d) Wins = w
 Aantal broodjies = B
 Uitgawes = x
 $w = B - x$

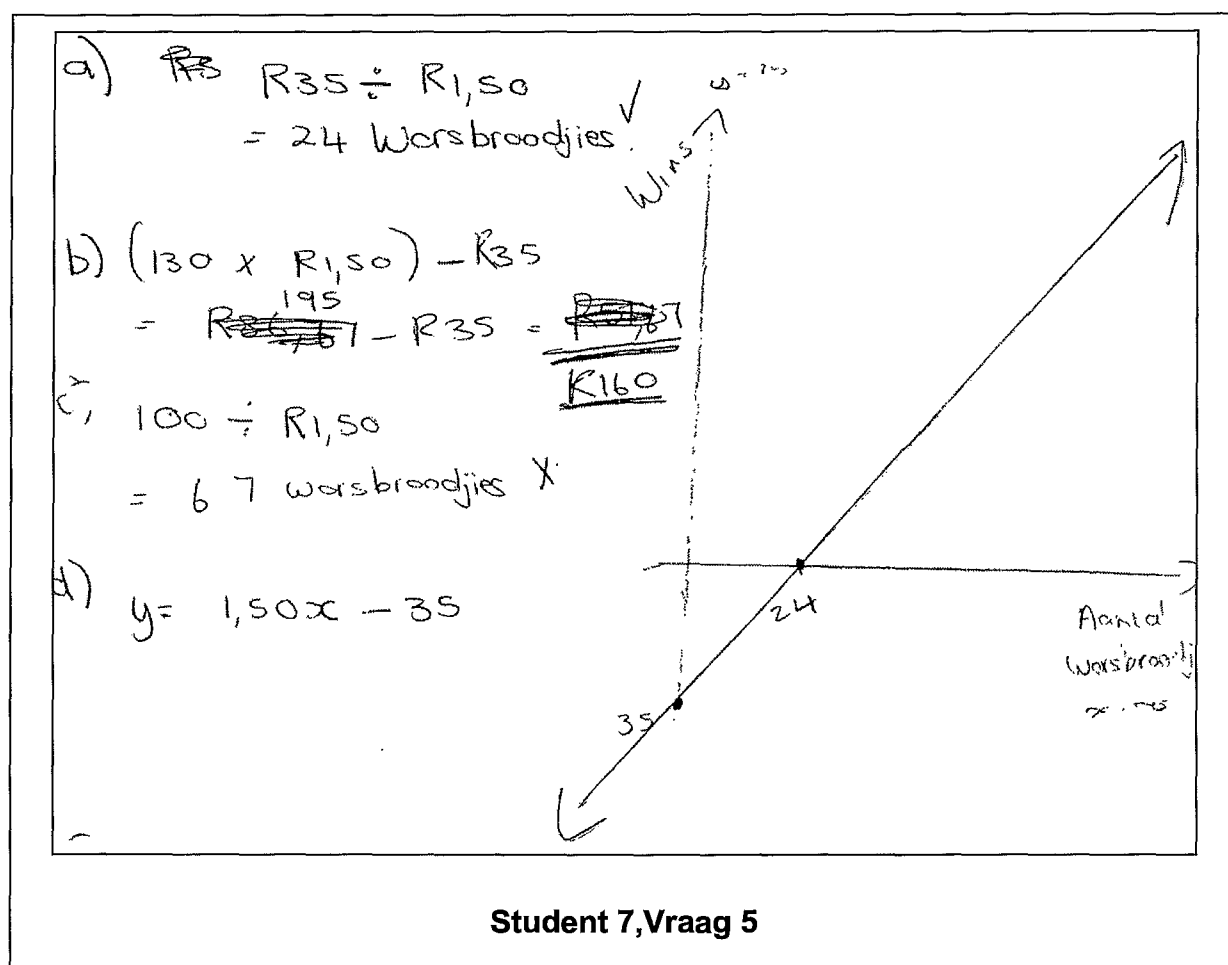
Student 9

Sommige studente se antwoorde is baie onsamehangend en toon geen konseptuele begrip van die probleem nie. Hulle het ook nie eens 'n poging aangewend om van 'n tabel of 'n grafiese voorstelling gebruik te maak om die probleem te verstaan nie, en dadelik met 'n klomp berekeninge weggeval wat nie sin maak nie:



Student 13

Indien studente wel van 'n grafiese voorstelling gebruik maak, gebruik hulle dit nie noodwendig om hulle antwoorde te kontroleer nie, soos die volgende student wat 'n korrekte grafiek geteken het, maar dit nie gebruik om die korrektheid en sinvolheid van haar antwoord op vraag (c) te kontroleer nie



Wiskundenotasie:

Alhoewel studente in staat is om te kan sê waar twee funksies mekaar in die Cartesiese vlak sny, blyk dit dat die meeste studente nie vertrouwd is met die interpretasie van funksienotasie soos $f(7) = g(7)$ nie (kyk Vraag 1, Bylaag E). Die meeste studente omkring die antwoord soos volg:

Vraag 1(b): Watter van die volgende bewerings is korrek?

- (i) $f(7) = g(5)$
- (ii) $f(5) = g(5)$
- (ii) $f(7) = g(7)$
- (iv) Meer inligting is nodig

Nog 'n bekommernis is die uitwerking wat die onoordeelkundige gebruik van die sakrekenaar op studente se denkvermoë het: Wanneer studente gevra word om 'n algebraïese uitdrukking vir 10% minder as 'n sekere bedrag neer te skryf, skryf hulle feitlik sonder uitsondering $x - 10\%$. By nadere ondersoek blyk dit dat die meeste sakrekenaars wel 'n antwoord gee as x met 'n getal vervang word; byvoorbeeld, as die student R20 - 10% insleutel, gee die sakrekenaar die antwoord as R18. Die studente toon egter geen konseptuele begrip van wat $x - 10\%$ beteken as hulle dit op 'n algebraïese wyse moet skryf nie (kyk Bylaag E, vraag 3).

Vraag 3

Jenny en Pamela besluit om na Varsité-Burger toe te gaan vir middagete. Elkeen het 'n R2-afslag-koepon van die kampuskoerant vir die "Double deluxe meal" wat R20,00 kos. As hulle egter hul studentekaarte wys, kry hulle 'n verdere 10% afslag. 'n Assistent lui Pamela se bestelling op as die "Double deluxe meal", afslagkoepon, en dan 10% afslag. Jenny se bestelling word gelui as die "Double deluxe meal", 10% afslag, en dan afslagkoepon.

Vraag 3c: Skryf 'n funksie $D(x)$ wat 10% sal aftrek van die prys x

$$D(x) = x - \frac{10}{100}x$$

Student 4

$$D(x) = x - 10\%$$

Student 6

Omdat hulle nie 'n konseptuele begrip van $x - 10\%$ het nie, kan hulle dit ook nie as 'n entiteit in 'n saamgestelde funksie hanteer nie:

Vraag 3d: Bepaal $C(D(x))$ en $D(C(x))$

$C(D(x)) = 2(x - \frac{10}{100})$	$D(C(x)) = \frac{10}{100}(x - 2)$
$= 2x - \frac{20}{100}$	$= \frac{10}{100}x - \frac{20}{100}$ ✓
$= 2x - 0,2$	

Student 4

$C(D(x)) =$	$D(C(x))$
$C(x - 10\%) = (x - 10\%) - 2$	$D(x - 2) = (x - 2) - 10\%$
$=$	✓

Student 6

Sommige studente beskou die saamgestelde funksie $C(D(x))$ as die produk van die twee funksies $C(x)$ en $D(x)$, en is dus nie vertrou met die notasie van saamgestelde funksies nie:

Vraag 3d: Bepaal $C(D(x))$ en $D(C(x))$

$(x-2)(x-(2 \times \frac{1}{10}))$	$(x-(2 \times \frac{1}{10}))(x-2)$
$(x-2)(x-2 \times (-\frac{1}{10}))$	$(x-2 \times (-\frac{1}{10}))(x-2)$
$(x-2)(x-\frac{1}{10}x)$	$(x-(-\frac{1}{10}x))(x-2)$
$x^2 - \frac{1}{10}x^2 - 2x + \frac{1}{5}x$	$(x + \frac{1}{10}x)(x-2)$
$\frac{9}{10}x^2 - \frac{19}{10}x$	$(\frac{11}{10}x)(x-2) \Rightarrow \frac{11}{10}x^2 - 2\frac{11}{10}x$

Student 1

$(x-2)(x-0,1x)$	

Student 13

Dit is ook opvallend dat een student (Student 8) in vraag 3d 'n oplossing vir x probeer kry, alhoewel sy slegs 'n uitdrukking vir twee saamgestelde funksies moes neerskryf en nie 'n vergelyking moes oplos nie:

(d) Bepaal $C(D(x))$ en $D(C(x))$	
$C(D(x)) = (x \times 1,10) - 2$	$D(C(x)) = (x-2) \times 1,10$
$z = 1,10x$	$= 1,10x - 2,2$
$1,818 = x$	$2z = 1,10x$
	$z = x$

Student 8

In 'n probleem waar die studente die waarde (W) van 'n motor as 'n funksie van tyd (t) moet uitdruk (kyk Vraag 4, Bylaag E), is een student (student 2) se vraag: *Is dit nou $w(t)$ of $t(w)$* , wat daarop dui dat die student nie 'n konseptuele begrip van funksienotasie het nie, omdat sy waarskynlik nie tussen die afhanklike en onafhanklike veranderlike kan onderskei nie, of dat sy nie oor die betekenis van $w(t)$ en $t(w)$ kan reflekteer nie. Hieruit is dit ook duidelik dat studente nie vir hulself die metakognitiewe vrae oor die betekenis van die simbole afvra nie. Verder gebruik hulle in dieselfde funksie die veranderlikes x en t , wat daarop dui dat hulle nie 'n konseptuele begrip toon van watter rol die veranderlikes in funksienotasie speel nie:

(b) Skryf 'n vergelyking neer waarin die waarde W uitgedruk word as 'n funksie van t

$2 \text{ jaar} = -R25000$
 $1 \text{ jaar} = -R12500$

$W = \frac{1}{2}x - t(12500)$

met x die oorspronklike waarde

Student 3

Affektiewe komponent

Dit is reeds bekend dat studente se studie-oriëntasie 'n invloed op hulle probleem-oplossingsvaardighede, en uiteindelik hulle konseptualisering in wiskunde (Maree, 1999:468). Aangesien die affektiewe gedragskomponent deel uitmaak van hulle studie-oriëntasie, is dit betekenisvol om op die studente se affektiewe gedrag tydens die taakgebaseerde onderhoude te let (kyk 2.5.2 en 2.5.3).

Alhoewel daar tydens hierdie onderhoude nie baie aspekte na vore gekom het ten opsigte van studente se houding nie, is sommige studente se houding teenoor wiskunde tog in van hulle opmerkings weerspieël: *"Wiskunde is vir my baie moeilik en ek werk lang ure daaraan. Ek het (wiskunde op) Standaardgraad gehad"*. Hulle moedeloosheid met die aard van die probleme kom ook na vore: *"Hierdie lewenswerklike probleme!"* (Student 1). Een student se wiskunde-angs (kyk 2.5.3) kom ook na vore met die opmerking: *"Ek kan nie parabole doen nie; ek is bang vir parabole van skool af."*

Uit studente se liggaamstaal blyk dit ook dat sommige van hulle baie twyfel en onseker is terwyl hulle besig is met die voltooiing van die take. Een spesifieke student neem baie lank

met die beantwoording van die vrae en sleutel oor en oor waardes op sy sakrekenaar in, maar kom by geen antwoord uit nie. Nog een van die studente kom baie gespanne voor. Sy begin met die neerskryf van antwoorde sonder enige beplanning. Sy sug gereeld en gaap deurentyd terwyl sy met die take besig is.

Dit is opvallend dat sommige van die studente afhanklik is van die sakrekenaar, ook in take waar daar geensins 'n sakrekenaar nodig is nie: *Mag ek maar 'n calculator gebruik?* Een student werk byvoorbeeld $200 \div 100$ met 'n sakrekenaar uit, wat daarop kan dui dat hierdie student min selfvertroue het vir die voltooiing van 'n taak wat andersins nie 'n sakrekenaar sou verg nie.

Metakognitiewe strategieë (voorspelling, monitering en evaluering)

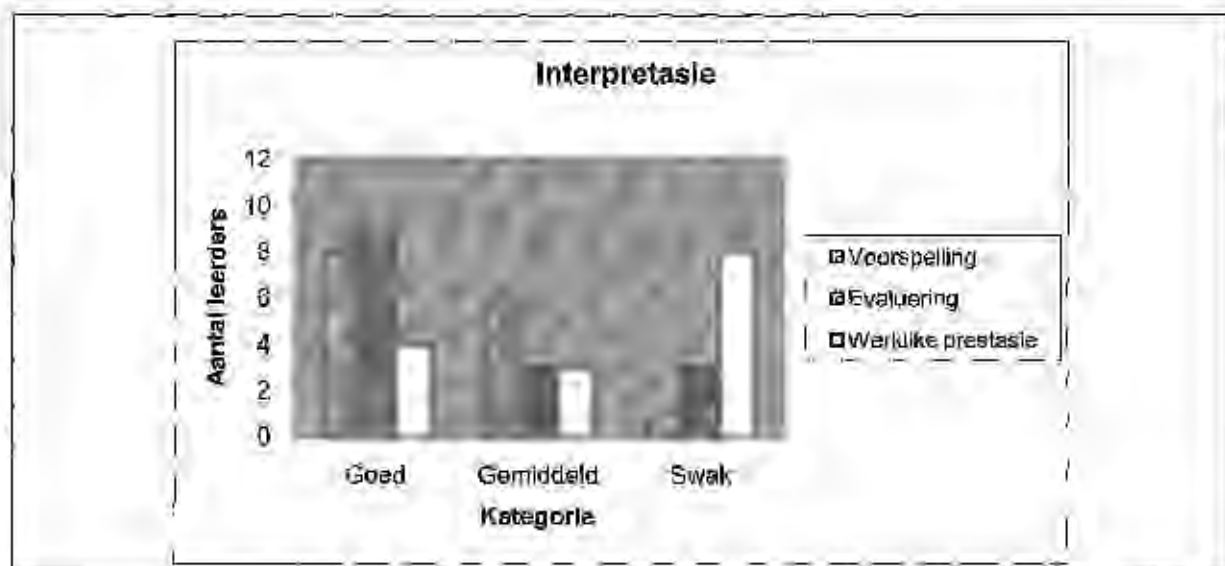
Uit die taakgebaseerde onderhoude het dit geblyk dat feitlik geen student daarin kon slaag om sy/haar stappe in die probleemoplossingsproses te beplan (voordat die probleem gedoen word) en dan te monitor (nadat die probleem gedoen is) nie. Daarom is daar geen verdere ontleding daarvan gedoen nie. Ten einde 'n verdere ontleding van studente se metakognitiewe vaardighede van voorspelling, evaluering en werklike prestasie in die taakgebaseerde onderhoude te doen is die volgende kategorieë gebruik (kyk ook 4.4.2.3.2):

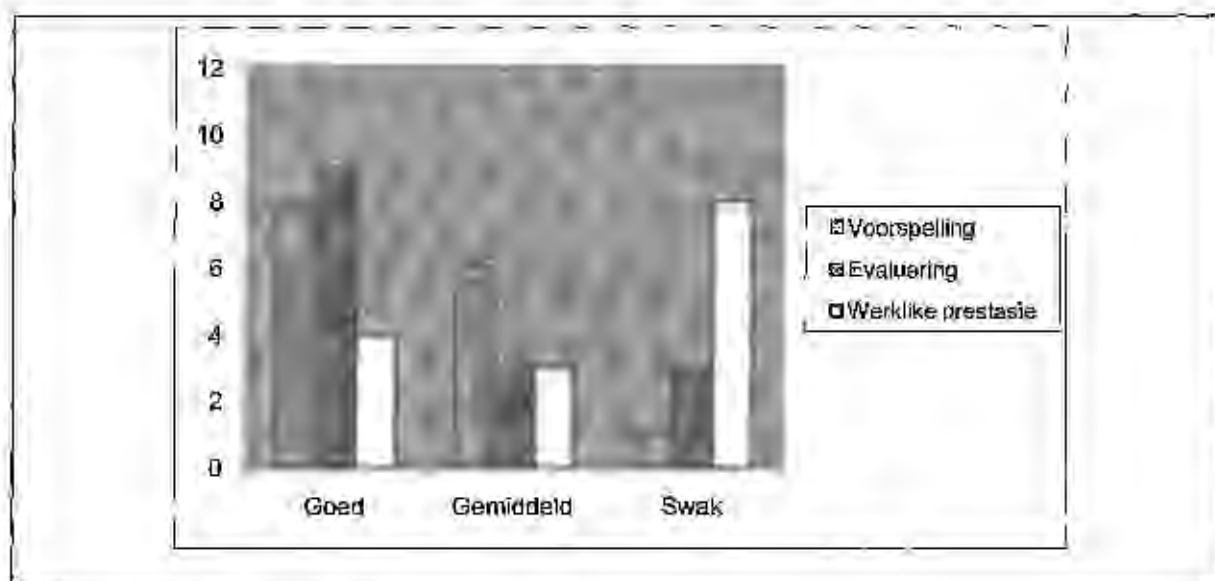
- As studente voorspel of geëvalueer het dat hulle doodseker of redelik seker is dat hulle goed gaan presteer, (met ander woorde 'n a of 'n b gekies het), is die voorspelling en evaluering as goed geklassifiseer.
- As hulle egter onseker is oor hulle prestasie, is dit as gemiddeld geklassifiseer.
- As hulle egter redelik seker of doodseker is dat hulle swak gaan presteer (met ander woorde 'n d of 'n e gekies het), is dit as swak beskou.
- Hulle werklike prestasie in die taak is dan ook as goed, gemiddeld of swak geklassifiseer op grond van die punt wat uit 5 toegeken is (kyk 4.4.1.5):

TABEL 5.11 : Opsomming van kategorieë

Kategorie	Voorspelling en evaluering	Probleemoplossing (uit 5)
Goed	a, b	4 of 5
Gemiddeld	c	3
Swak	d, e	1 of 2

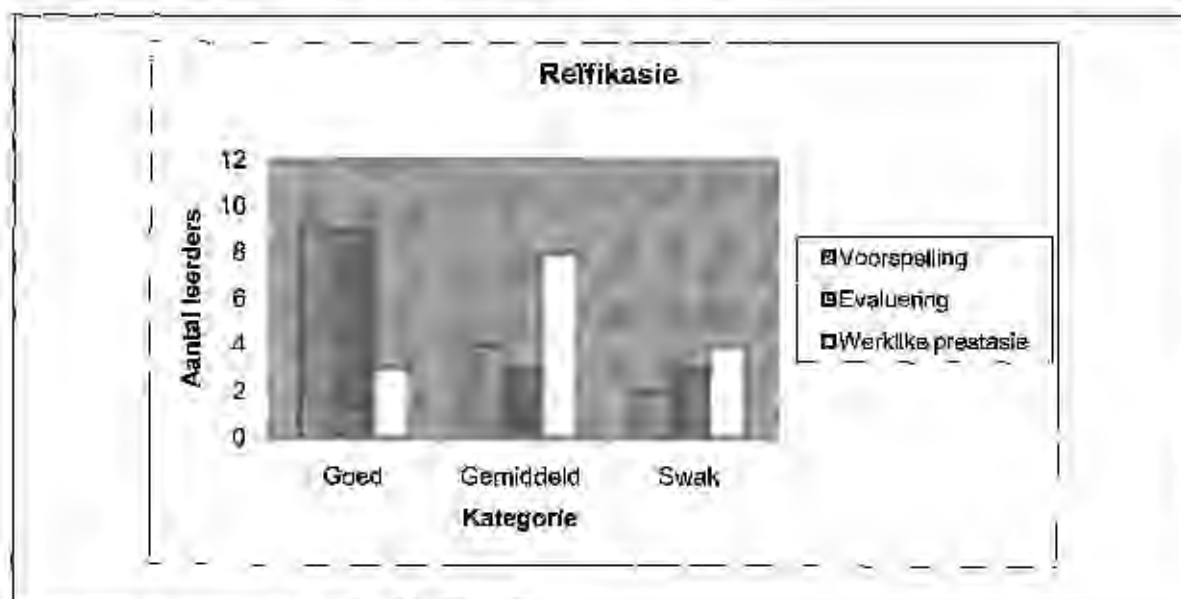
In die onderstaande grafiek word 'n vergelyking tussen die studente se voorspelling, evaluering en werklike prestasie in die interpretasie-komponent getref.





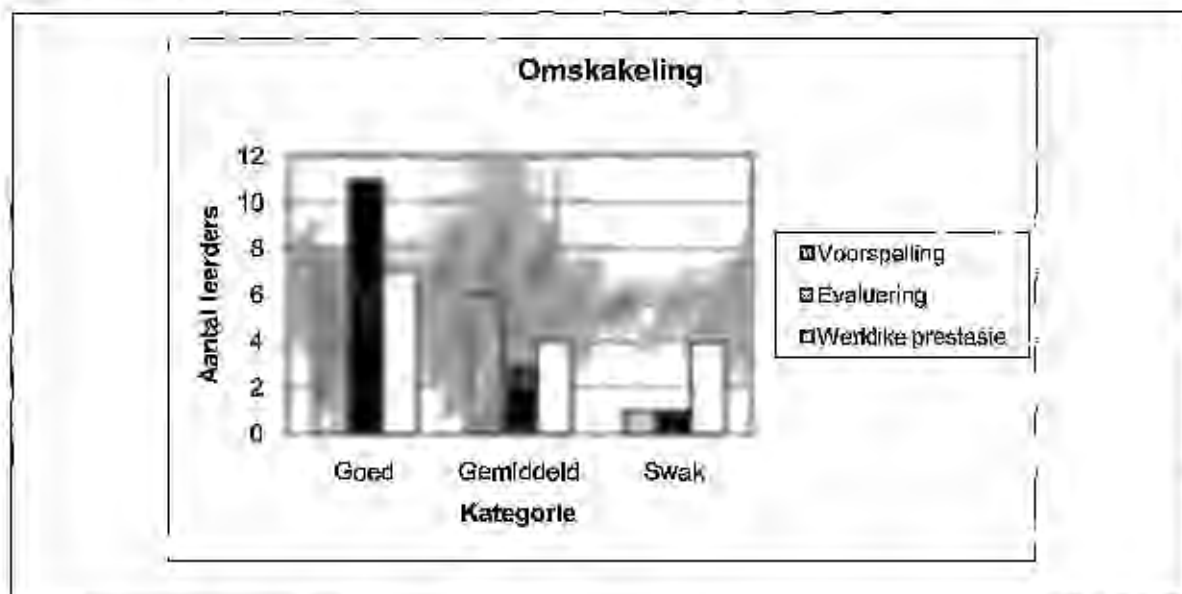
FIGUUR 5.3 : Interpretasie

In die onderstaande grafiek word 'n vergelyking tussen die studente voorspelling, evaluering en werklike prestasie in die reëfikasie-komponent getref:



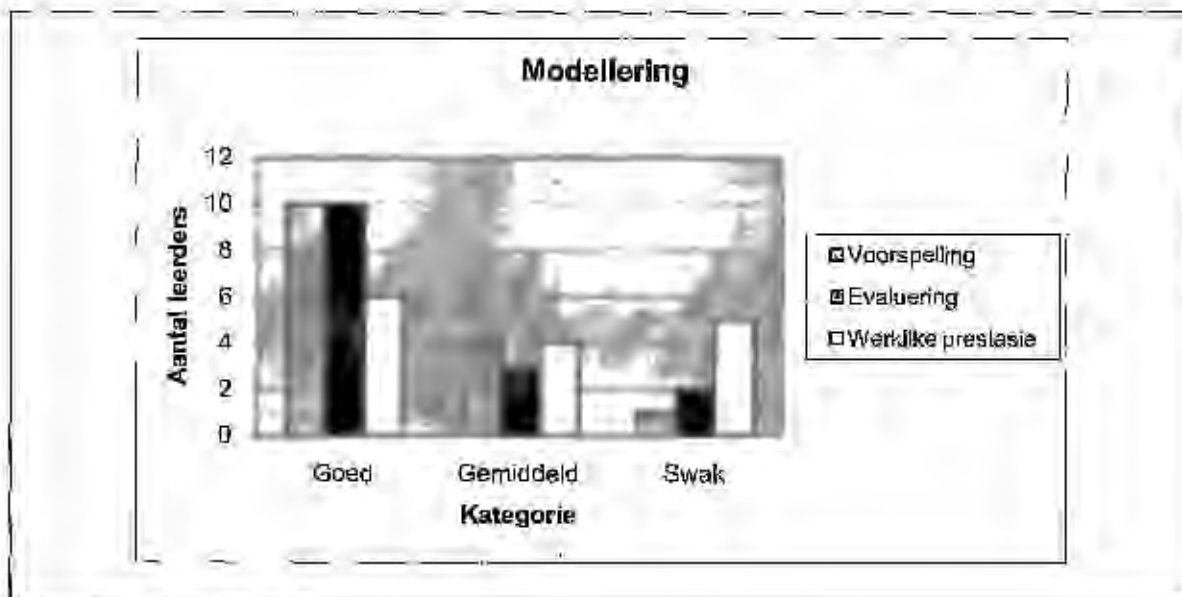
FIGUUR 5.4 : Reëfikasie

In die onderstaande grafiek word 'n vergelyking tussen die studente voorspelling, evaluering en werklike prestasie in die omskakelingskomponent getref.



FIGUUR 5.5 : Omskakeling

In die onderstaande grafiek word 'n vergelyking tussen die studente voorspelling, evaluering en werklike prestasie in die interpretasie-komponent getref.



FIGUUR 5.6 : Modelling

In al die komponente rakende konseptualisering van die funksiebegrip het meer studente voorspel dat hulle goed gaan presteer in die take wat aan hulle gegee is, terwyl minder dan werklik goed presteer het. Nadat die take voltooi is, het ook meer studente geëvalueer dat hulle wel goed presteer het in die take as wat werklik die geval was. Minder studente het voorspel dat hulle swak gaan vaar, en evalueer dat hulle wel swak presteer het, terwyl meer studente dan werklik swak presteer het.

In die algemeen sukkel studente om hulle stappe te beplan en te monitor. Hulle ervaar probleme om dit wat hulle beplan om te doen of reeds gedoen het, in woorde uit te druk.

5.4.3 Bespreking van die taakgebaseerde onderhoude

Eksterne voorstellings: Uit die taakgebaseerde onderhoude wil dit voorkom asof studente wel in 'n beperkte mate een eksterne voorstelling van 'n funksie kan gebruik, solank die vrae wat gevra word, op prosedures berus wat aangeleer is. Hulle kan ook meer as een voorstellingsvorm parallel gebruik. Sodra egter van hulle verwag word om verwantskappe tussen verskillende voorstellingsvorme raak te sien, ondervind hulle probleme. Hulle sukkel byvoorbeeld om vanaf 'n gegewe grafiek bepaalde afleidings te maak, met ander woorde hulle sukkel met meetkundige (grafiese) benadering. Dit is veral wanneer 'n probleem in 'n lewenswerklike konteks gegee word dat hulle byvoorbeeld nie kan interpreteer wat deur die helling van die reguit lyn voorgestel word nie. Volgens Mousoulides en Gagatsis (2004:391) mag 'n moontlike verklaring hiervoor wees dat studente nie op die inligting wat in 'n grafiek gegee word, kan fokus nie.

Studente kontroleer ook nie antwoorde wat hulle reeds gekry het met die grafiese voorstelling van 'n funksie nie. Uit die onderhoude blyk ook duidelik dat studente probleme ervaar om vanaf die grafiese voorstellingsvorm na die algebraïese voorstellingsvorm om te skakel. Knuth (2000:53) se studie bevestig in hierdie verband dat studente se vermoë om die verwantskap tussen grafiese en algebraïese voorstellings van funksies raak te sien, ten beste oppervlakkig is. Studente demonstreer ook 'n voorkeur vir algebraïese oplossingsmetodes, dikwels ten koste van 'n eenvoudiger grafiese oplossingsmetode,

waarvan hulle onbewus blyk te wees. Dit dui daarop dat hulle by die tweede ontwikkelingsfase in Dreyfus se vierfase-leerproses is (kyk 3.5).

Formele wiskundenotasie: Funksienotasie is ook oor die algemeen 'n probleem vir studente, wat daarop dui dat hulle beperkte konseptuele begrip het. Dit wil voorkom asof studente nie betekenis aan bepaalde simboliese notasie kan heg nie. 'n Gebrekkige kennis van funksienotasie mag ook moontlik toe te skryf wees aan die feit dat daar op skool te veel verduidelik is waarvoor bepaalde simbole staan en dat daar min van hulle verwag is om notasie self te interpreteer. Die onvanpaste gebruik van die sakrekenaar verhinder hulle ook om die nodige konsepte te vorm en betekenis aan die korrekte gebruik van funksienotasie te heg (Greer, 2006: 66).

Wat die *affektiewe* komponent betref, het daar enkele opmerkings na vore gekom waarin studente se onsekerheid, moedeloosheid en angs manifesteer. In die semi-gestruktureerde onderhoude is meer aandag aan studente se houdings en oortuigings ten opsigte van wiskunde geskenk (kyk 5.3.).

Ontleding van *metakognitiewe strategieë* dui daarop dat studente hulleself meestal oorskakel en nie werklik in staat is om met sekerheid te voorspel hoe hulle in 'n taak gaan presteer nie. Hulle is ook onakkuraat in hulle evaluering van hoe hulle dan wel in 'n taak presteer het ná voltooiing daarvan. Studente sukkel ook om hulle oplossing te beplan voor die oplossing van 'n probleem, of om hulle strategieë te beskryf nadat die probleem opgelos is.

5.4.4 Integrering van kwantitatiewe en kwalitatiewe resultate

Uit die kwantitatiewe ondersoek is dit duidelik dat daar wel 'n prakties betekenisvolle verskil by een van die bevoegdheidskomponente in die funksiebegrip, naamlik reïfikasie, voorgekom het. Daar is egter nie genoegsame bewyse vir hierdie bevinding in die taakgebaseerde onderhoude nie, aangesien die onderhoude met 'n kleiner groep studente gevoer is. Die taakgebaseerde onderhoude het wel getoon dat studente nie in staat is om die verskillende voorstellingsvorme van die funksie te integreer nie, wat ondersteuning bied vir die feit dat hulle nie prakties betekenisvol in die ander bevoegdheidskomponente verbeter het nie (kyk 3.5).

5.5 Samevatting

Uit die resultate van die kwantitatiewe en kwalitatiewe ondersoek blyk dit dat die dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing nie daartoe bygedra het dat studente se houdings en oortuigings teenoor die onderrig en leer van wiskunde verbeter het nie. Inteendeel, daar is bevind dat studente se houdings en oortuigings teenoor die onderrig en leer van wiskunde sigbaar verswak het (kyk 5.3.1.1). Die dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing waaraan die eksperimentele groep blootgestel is, het wel nie 'n verbetering in die bevoegdheidskomponente van interpretasie, modellering en omskakeling teweeggebring nie (kyk 5.4.1.2), maar in die praktyk is daar 'n betekenisvolle verbetering ten opsigte van die reïfikasie-komponent. Dit is opvallend dat die verbetering juis in die hoër vlak van konseptualisering na vore gekom het (kyk 3.4.2 en 3.4.5).

Uit die onderhawige studie wil dit dus voorkom asof studente nie gereed is om baat te vind by die tegnologies-verrykte leeromgewing nie en dat hulle oor 'n onvermoë beskik om sodanige leeromgewing te benut, aangesien nóg hulle houdings en oortuigings, nóg hulle konseptualisering enige verbetering getoon het. In die volgende hoofstuk word 'n model aangebied wat behels dat studente gediagnoseer, geadviseer en ondersteun word ten opsigte van vlakke van konseptualisering met betrekking tot die funksiekonsep, en ook hulle studie-oriëntasie ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde, waaronder hulle houdings en oortuigings, studiegewoontes en wiskunde-angs. Hierdie ondersteuning is uiteindelik daarop gerig om die studente se aanvangsgereedheid te verhoog sodat hulle optimaal by die tersiêre leeromgewing baat kan vind.