

HOOFSTUK 1

PROBLEEMSTELLING EN PROGRAM VAN ONDERSOEK

1.1 INLEIDING EN ORIËTERING

Gedurende die afgelope twee dekades het die konseptuele wiskundekennis van wiskunde-onderwysers 'n bron van kommer geword (Hill, Schilling & Ball, 2004:11). Aangesien onderwysers as die fasiliteerders van leer en sleutelrolspelers in die transformasie van skoolwiskunde-onderrig en -leer beskou word (Mapolelo, 1999:715), hou die onvoldoende en gefragmenteerde aard van voornemende en praktiserende onderwysers se kennis van skoolwiskunde ernstige implikasies in vir die opleiding van voornemende wiskunde-onderwysers. Onderwyseropleiding wêreldwyd staar die uitdaging in die gesig om te bepaal waaruit vakkennis vir opleiding behoort te bestaan en op watter wyse dit die beste verwerf kan word (Adler *et al.*, 2002:135). Hervormingsinisiatiewe (kyk 2.1) gemik op die verbetering van die kwaliteit van wiskunde-onderwyseropleiding en klaskamerpraktyke moet dus 'n komplekse probleem aanpak: die substansiële en betekenisvolle opgradering en verfyning van die konseptuele kennis en vaardighede van voornemende wiskunde-onderwysers. Ten spyte van die krisis wat ons in die gesig staar, is daar 'n gebrek aan navorsing oor wiskunde-onderwys (Paras, 2001:66).

In Suid-Afrika was skoolwiskunde-onderwys die fokuspunt van 'n aantal onlangse navorsingsprojekte, insluitende die Monitoring of Learning Achievement (MLA) projek deur die Research Institute for Educational Planning aan die Universiteit van die Vrystaat (Strauss, 1999); die Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) in 1995, die herhaling daarvan, TIMSS-R, in 1999; asook die mees onlangse Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS, 2003) met betrekking tot die wiskundeprestasie van Graad 8-leerders. In die TIMSS-studies het Suid-Afrika telkens onderaan die lys van deelnemende lande geëindig. Volgens die TIMSS-R-onderzoek (1999) het ongeveer die helfte van die Suid-Afrikaanse wiskunde-onderwysers nie die selfvertroue getoon om wiskunde te onderrig nie (Howie, 1999:20).

Die uitdagings vir wiskunde-onderwys in Suid-Afrika is aan die toeneem, met 'n groter uitdaging om die kwaliteit van die wiskunde-onderwys in Suid-Afrika te verbeter (Howie, 1999:21). Suid-Afrika word met 'n onderwyserkrisis gekonfronteer, nie net in terme van die aantal wiskunde-onderwysers nie, maar veral in terme van die gehalte van wiskunde-onderwys. Dit wil voorkom of die ambisieuse doelwit wat die Suid-Afrikaanse regering daargestel het om die aantal kandidate wat wiskunde op die hoër graad slaag, tussen 2004 en 2007 te verdubbel, nie gerealiseer het nie (Bernstein, 2007:11; Naidoo, 2007:1). Inteendeel, die aantal kandidate wat wiskunde op die hoër graad geslaag het, het van 4 137 in 2006 afgeneem tot 3 990 in 2007 (Dugmore, 2007:1). Daar is aanduidings dat voornemende wiskunde-onderwysers wat die produk van die bestaande skoolsisteem, en van tersiêre opleiding is, nie voldoende voorberei is vir die eise van die wetenskaplike en tegnologiese wêreld en gemeenskap van die 21ste eeu nie. Dit blyk nie net in Suid-Afrika 'n probleem te wees nie, maar ook wêreldwyd (Matthee & Roode, 1998:1).

1.2 BEREDENERING VAN DIE PROBLEEM

Volgens die Hersiene Nasionale Kurrikulumverklaring (HNKV) (DoE, 2002:4-5) het die onder- rig en leer van wiskunde onder andere ten doel om by leerders 'n kritiese bewustheid ten opsigte van die gebruik van wiskunde-verwantskappe in lewenswerklike kontekste te ontwikkel, asook die nodige selfvertroue en bevoegdheid om sinvol met wiskunde-situasies te werk. Bevoegdheid in wiskunde-vaardighede, soos ondersoek, veralgemening en bewys-voering, is belangriker as die aanleer van die inhoud ter wille van die inhoudskennis alleen (DoE, 2003: 9). Die veronderstelling word gemaak dat die doel van wiskunde-onderrig juis is dat leerders wiskunde met begrip sal leer. Dit impliseer eerstens dat leerders kennis van wiskundekonsepte en -prosedures sal verkry en tweedens dat leerders sal leer hoe om kennis op 'n wiskundige manier te verkry (Ball, 1990:457).

Ten einde konseptuele begrip te fasiliteer moet onderwysers self 'n diepgaande wiskunde-kennis hê. Ball (1990:464) is egter van mening dat die wiskundekennis waaroor onderwysers tradisioneel beskik, onvoldoende is om wiskunde só te onderrig dat dit tot betekenisvolle begripsvorming sal lei. Mji (2003:687) en Manouchehri (1997:200) beweer dat baie voornemende wiskunde-onderwysers kennis ervaar as 'n versameling onsamehangende feite, reëls en formules wat gememoriseer moet word. Onderwysers se vakinhoudelike kennis ontbreek aan konseptuele diepte (Bryan, 1999:1) en hulle is nie in staat om hierdie

vakkennis vir leerders toeganklik te maak nie (Taylor & Vinjevold, 1999:230). Uiteindelik verhinder dit wiskunde-onderwysers om hervormingsgebaseerde idees (kyk 2.1) oor onderrig en leer uit te voer (Peressini, 2004:73). Een van die verklarings wat gebied word waarom leerders nie wiskunde met begrip leer nie, is die ontoereikendheid van hulle onderwysers se wiskundekennis (Fennema & Franke, 1992:148), wat leerders se wiskundeprestasie negatief kan beïnvloed (Hill, Rowan & Ball, 2005:371).

Thompson (1992:130-131) voer aan dat onderwysers se oortuigings oor wiskunde en wiskunde-onderrig en -leer 'n betekenisvolle rol speel in die manier waarop hulle wiskunde onderrig. Fennema en Franke (1992:162) bevind dat daar 'n verband tussen onderwysers se kennis en oortuigings is en dat onderwysers hulle oortuigings as kennis hanteer (Thompson, 1992:130); derhalwe is dit moeilik om tussen wiskunde-onderwysers se kennis en oortuigings te onderskei. Manouchehri (1997:198) en Charalambous *et al.* (2002:217) argumenteer dat onderwysers hulle kennis van wiskunde en onderrig deur die filter van hulle oortuigings "vertaal".

Ball (1990:461) beweer dat voornemende onderwysers se houding jeens wiskunde neerslag vind in die manier waarop hulle oor wiskunde dink en wiskunde ervaar, en dit is ten nouste vervleg met hulle inhoudskennis van wiskunde. Dit blyk ook dat voornemende onderwysers se beskouings oor wiskunde min verander deur hul ervarings gedurende tradisionele onderwyseropleiding. Met vaste tradisionele oortuigings en praktyke ten opsigte van wiskunde-onderrig en -leer, en deur nie hulle rol as toekomstige onderwysers te herkonseptualiseer nie, loop voornemende onderwysers die gevaar om aan die einde van die opleiding as swak nabootsers van wiskundige werkwyse uit te tree, in plaas daarvan om inisieerders van betekenisvolle leer te wees (Foss & Kleinsasser, 1996:429).

Volgens die *Principles and Standards* (NCTM, 2000:24) is tegnologie noodsaaklik in die onderrig en leer van wiskunde, veral tydens onderwyseropleiding, want dit beïnvloed die wiskunde wat geleer word, betekenisvol én verbeter die konseptuele leer van voornemende onderwysers. Indien tegnologiese hulpmiddels beskikbaar is, kan voornemende onderwysers op hoër-orde-denke soos besluitneming, redenering en probleemoplossing fokus. Die gebruik van dinamiese tegnologie soos grafiese sakrekenaars en interaktiewe rekenaarprogramme kan byvoorbeeld help om grafieke in algebra in 'n relatief kort tydjie sinvol en diepgaande te ondersoek (Weaver & Quinn, 1999:84). Een voorbeeld van interaktiewe programmatuur wat groot veld wen in wiskundeklaskamers, is die Geometer's Sketchpad®

(Jackiw, 1995). Geometer's Sketchpad® is 'n kragtige dinamiese rekenaarprogram wat die meetkundige konstruksie en manipulasie van figure, die meet daarvan, berekeninge en selfs die skets van grafieke insluit. Dit voorsien 'n kragtige leerkonteks vir ondersoek wat begrip van meetkundige en algebraïese verwantskappe kan bevorder (Weaver & Quinn, 1999:84). 'n Dinamiese sagtewareprogram soos Geometer's Sketchpad® voorsien 'n leeromgewing waarin voornemende onderwysers die geleentheid gebied word om soortgelyke wiskundige ondersoeke te doen as wat hulle eie leerders in die toekoms sal doen (Flores *et al.*, 2002).

Wiskundemodules waar van 'n tegnologies-verrykte omgewing gebruik gemaak word, behoort dus 'n geleentheid te bied waar voornemende onderwysers se kennis, konseptualisering, aannames en gevoelens teenoor wiskunde bevorder kan word. *Hoe* die tegnologie gebruik word, is van kardinale belang as dit werklik voornemende onderwysers in hul kognitiewe groei en verstaan van wiskundekonsepte moet help (Flores, Knaup, Middleton & Staley, 2002:2). Wiskunde-onderwyseropleiers kan nie die visie van hoe hulle wiskunde-onderwysers moet voorberei, skei van die visie van *wat* en *hoe* leerders wiskunde behoort te leer nie (Flores *et al.*, 2002:7).

Dinamiese tegnologie betrek dus voornemende onderwysers in hulle eie leerproses. Wanneer tegnologie as 'n hulpmiddel in die klas gebruik word, leer voornemende onderwysers nie net om met behulp van tegnologie te leer nie, maar hulle leer ook nuwe wiskundige vaardighede aan (Sherry & Jesse, 2000) en meer tyd word toegelaat vir konseptualisering en modellering (NCTM, 2000: 25). Onlangse ontwikkelings in onderwyseropleiding beklemtoon die belangrikheid daarvan om *met* eerder as *van* tegnologie te leer. Dit impliseer dat voornemende wiskunde-onderwysers moet leer om die rekenaar as 'n kognitiewe hulpmiddel te gebruik ten einde hul eie leer, asook dié van leerders, te bevorder. Daar moet in gedagte gehou word dat tegnologie op sigself nie die leerproses verryk nie. Dit is eerder die ingeligte en oordeelkundige gebruik daarvan wat tot betekenisvolle leer kan lei (Barabash *et al.*, 2003:148).

Uit bogenoemde argumentasie ontstaan die volgende navorsingsvraag: Hoe kan 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing bydra tot die verbetering van die konseptuele kennis van voornemende wiskunde-onderwysers, asook van hul oortuigings ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde?

1.3 NAVORSINGSDOEL

Die doel van die studie was om 'n model saam te stel vir die konseptuele leer van wiskunde by voornemende wiskunde-onderwysers in 'n dinamiese technologies-verrykte leeromgewing. In die besonder is die volgende navorsingsdoelwitte beantwoord:

- 1) Om die invloed van die gebruik van dinamiese rekenaartegnologie op die houdings en oortuigings van voornemende wiskunde-onderwysers met betrekking tot die leer van wiskunde te ondersoek;
- 2) Om die invloed van 'n dinamiese technologies-verrykte leeromgewing op die konseptualisering van die funksiekonsep by voornemende wiskunde-onderwysers te ondersoek;
- 3) Om 'n model vir die effektiewe benutting van 'n dinamiese technologies-verrykte leeromgewing in wiskunde-onderwyseropleiding saam te stel.

1.4 METODE VAN ONDERSOEK

1.4.1 Literatuurstudie

'n Uitgebreide literatuurstudie is gedoen om vas te stel hoe leerders wiskunde leer en watter interafhanklike faktore 'n rol speel in die leer van wiskunde (Hoofstuk 2). Verder is 'n literatuurstudie gedoen om verskillende teorieë ten opsigte van die leer van die funksiekonsep te ondersoek (Hoofstuk 3). Hoofstuk 2 en 3 het uiteindelik 'n teoretiese raamwerk gevorm vir die empiriese ondersoek. Vanuit die literatuurstudie is ook 'n meetinstrument saamgestel waarvolgens die konseptualisering van voornemende onderwysers ten opsigte van die funksiekonsep bepaal is (kyk Bylaag C).

1.4.2 Empiriese ondersoek

1.4.2.1 Navorsingsontwerp en -metodologie

Ten einde die navorsingsvrae vir die studie te beantwoord is die verklarende gekombineerde metode-ontwerp (*explanatory mixed methods design*) (Creswell, 2003:215; Ivankova *et al.*,

2007:264) gevolg. Die doel van hierdie ontwerp is om kwalitatiewe bevindings te gebruik om meer lig op kwantitatiewe resultate te werp. Data word in twee afsonderlike, opeenvolgende fases ingesamel. Eerstens word kwantitatiewe data ingesamel en ontleed. Nadat data-ontleding van die kwantitatiewe fase afgehandel is, word kwalitatiewe data gegenereer en ontleed (Ivankova *et al.*, 2007:264). Die twee metodes word gedurende die interpretasie-fase van die studie geïntegreer (Creswell *et al.*, 2003:223) (kyk 4.3.2).

1.4.2.1.1 Kwantitatiewe ondersoek

Kwantitatiewe ontwerp

Vir die kwantitatiewe deel van die empiriese ondersoek is gebruik gemaak van 'n eksperimentele ontwerp wat uit 'n eksperimentele (E)- en kontrolegroep (K) bestaan wat onderwerp word aan 'n voor- en natoets (Creswell, 2003:162,170). Die kwantitatiewe eksperimentele ontwerp sien soos volg daar uit (aangepas uit Leedy & Ormrod, 2005:25; Creswell, 2003:170):

Tyd				
VOORTOETS		Intervensie	NATOETS	
Groep	Toets		Groep	Toets
E ₁ (n=66)	SOW Funksietoets 1	Dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing: Geometer's Sketchpad	E ₂ (n=49)	SOW Funksietoets 2
K ₁ (n=101)	SOW Funksietoets 1	_____	K ₂ (n=99)	SOW Funksietoets 2

FIGUUR 1.1 Eksperimentele ontwerp vir kwantitatiewe deel van ondersoek

Die kwantitatiewe ondersoek het bestaan uit 'n voor- en natoets om te bepaal of daar 'n betekenisvolle verskil tussen die respondente (eksperimentele groep) se vlakke van konseptualisering, houdings en oortuigings oor wiskunde-onderrig en -leer is nadat hulle blootgestel is aan 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing (kyk 1.4.2.2). Kwalitatiewe monitering is uitgevoer om meer lig op die resultate en bevindinge van die kwantitatiewe studie te werp.

Studiepopulasie

Die studiepopulasie vir die empiriese ondersoek het bestaan uit alle eerstejaarstudente (n=66) aan die Fakulteit Opvoedingswetenskappe van 'n Suid-Afrikaanse Universiteit wat wiskunde as 'n hoofvak neem, met ander woorde voornemende wiskunde-onderwysers. Hierdie groep het dan ook gedien as die eksperimentele groep.

Die enigste vergelykbare groep (n=101) wat as kontrolegroep gebruik kon word, is die eerstejaarstudente wat Wiskunde as hoofvak neem aan die Fakulteit Natuurwetenskappe van dieselfde Universiteit.

Veranderlikes

Onafhanklike veranderlike: 'n Dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing.

Afhanklike veranderlikes: Die vlak van konseptuele kennis van wiskunde-onderwysstudente en die aard van hulle oortuigings en houdings met betrekking tot wiskunde, sowel as met betrekking tot die leer en onderrig van wiskunde.

Meetinstrumente

In die *kwantitatiewe* ondersoek is self-saamgestelde funksiebevoegdheidtoetse (as 'n voor- en natoets) om vlakke van konseptualisering te bepaal, gebruik. Die Studie-oriëntasievraelys in Wiskunde (SOW)(kyk 4.4.1.3.1) is gebruik vir die bepaling van houdings en oortuigings van wiskunde-onderwysstudente (as 'n voor- en natoets). Toepaslike maatreëls is getref om geldigheid en betroubaarheid van metings en data te verseker, naamlik die Cronbach α -tegniek ten opsigte van die funksietoets en SOW, moderering van die toets en die kontrole/moderering van interpretasies van kwantitatiewe data deur 'n onafhanklike persoon.

Statistiese tegnieke

In die *kwantitatiewe* analise is beskrywende statistiek soos gemiddeldes, standaardafwyking, frekwensies, t-toetse en effekgroottes (Cohen se kriterium)(kyk 4.4.1.3.2), gebruik om data te ontleed en om betekenisvolheid van verskille te bepaal. Die Pearson-moment-korrelasiekoëffisiënt ρ is ook gebruik om te bepaal of daar 'n korrelasie tussen die onderskeie studie-oriëntasievelde bestaan (Steyn, 2005:1)(kyk 4.4.1.3.3).

Die eksperimentele en kontrolegroep is in beide die funksietoets en SOW deur middel van die natoets vergelyk deur te korrigeer vir moontlike verskille in voortoets. Vir hierdie doel is gebruik gemaak van die kovariansie-analise (ANCOVA) (kyk 5.3.1.4).

1.4.2.1.2 Kwalitatiewe ondersoek

Deelnemers

'n Groep van vyftien studente uit E_1 , geselekteer op grond van hulle prestasie in die funksietoets, is gevra om aan die semi-gestruktureerde fokusgroeponderhoude deel te neem. Drie groepe is gevorm van vyf deelnemers elk: een groep met hoë vlakke van konseptualisering, een met medium vlakke van konseptualisering en een met lae vlakke van konseptualisering. Dieselfde vyftien studente het aan die individuele taakgebaseerde onderhoude deelgeneem.

Data-insameling en –ontleding

Ten einde kwalitatiewe data te genereer ten opsigte van studente se houdings en oortuigings teenoor wiskunde, die onderrig en leer daarvan, asook die gebruik van tegnologie in die wiskunde-onderrig, is semi-gestruktureerde fokusgroeponderhoude met studente gevoer (kyk 4.4.2.3.1). Onderhoude is op videoband opgeneem en *verbatim* getranskribeer.

Om meer inligting te bekom ten opsigte van studente se konseptualisering van die funksiekonsep, is taakgebaseerde onderhoude met studente gevoer, wat 'n uitbreiding op die funksietoets is wat deel gevorm het van die kwantitatiewe ondersoek (kyk Bylaag E). In die taakgebaseerde onderhoude is ook gefokus op studente se metakognitiewe gedrag (kyk 4.4.2.3.2).

Ontleding van die taakgebaseerde onderhoude het geskied aan die hand van 'n nasienrubriek (kyk 4.4.1.5) asook by wyse van kategorieë (kyk 4.4.2.3.2). Die getranskribeerde semi-gestruktureerde onderhoude is by wyse van kategorieë ontleed. Toepaslike maatreëls is getref om vertrouenswaardigheid van metings en data te verseker, moderering van die toets en die waarnemings- en onderhoudskedule deur bevoegde persone en die kontrole/moderering van interpretasies van kwalitatiewe data deur 'n onafhanklike persoon. Vertrauenswaardigheid word verder verhoog deur triangulering, dataversadiging en die tegnieke wat in 4.4.2.4 genoem word.

1.4.2.2 Verloop van ondersoek

Aan die begin van die eksperiment het die respondente (eksperimentele- en kontrolegroep) 'n bevoegdheidstoets geskryf met betrekking tot hulle vlakke van konseptualisering van toepaslike funksiekonsepte. Beide groepe het ook die SOW voltooi ten einde hulle houdings en oortugings ten opsigte van wiskunde te bepaal.

'n Leerprogram, waarin die voornemende onderwysers (eksperimentele groep) blootgestel word aan 'n dinamiese technologies-verrykte leeromgewing, is gevolg. Tydens die verloop van die leerprogram het die eksperimentele groep die geleentheid gehad om aktiwiteite te voltooi met behulp van Geometer's Sketchpad® (kyk Bylaag G).

Die kontrolegroep het tradisionele onderrig ontvang, gebaseer op lesings en die skriftelike voltooiing van oefeninge en hulle is nie blootgestel aan 'n technologies-verrykte leeromgewing nie.

Gedurende die verloop van die leerprogram is vyftien studente gekies op die basis van hulle konseptualisering. Hierdie deelnemers het drie fokusgroepe (van vyf elk) gevorm om deel te neem aan semi-gestruktureerde onderhoude. Dieselfde 15 studente het dan ook aan individuele taakgebaseerde onderhoude deelgeneem, waartydens sekere leertake aan hulle gegee is. Hierdie onderhoude is op video opgeneem en getranskribeer.

Na afloop van die semester, is die deelnemers onderwerp aan 'n natoets ten opsigte van di funksiekonsep (kyk Bylaag D). Die SOW is weer as natoets gebruik om te bepaal of daar 'n verandering in die houdings en oortugings van die deelnemers was. Daar het 'n periode van ongeveer 4 maande verloop tussen die voor- en die natoets.

Na afloop van die leerprogram, natoetsing en onderhoudvoering is data verwerk, geïnterpreteer en gevolgtrekkings gemaak op grond waarvan aanbevelings en 'n moontlik opleidingsmodel geformuleer is (kyk 6.3).

1.4.2.3 Etiese oorwegings

Toestemming is verkry van die Dekaan en die betrokke direkteure van die Fakulteit Opvoedingswetenskappe, die direkteur van die betrokke navorsingsfokusarea, die betrokke vakvoorsitter, dosente én studente, asook die betrokke dosent en studente van die Fakulteit Natuurwetenskappe. Verder is die gang van die leerprogram en die rol van die navorser met die betrokke dosente onderhandel om te verseker dat geen student of die dosent of die leerprogram deur die ondersoek benadeel is nie. Deurlopende monitering van die verloop en impak van die studie het plaasgevind wat die tydigse uitskakeling van moontlike ongerymdhede moontlik maak.

Studente se vrywillige deelname is deurentyd beklemtoon en hulle kon op enige stadium van die studie onttrek (kyk Bylaag B). Deelnemers is verseker van die vertroulike hantering van inligting wat bekom word, en op geen stadium het hulle nodig gehad om hulle name te verstrek nie.

1.5 STRUKTUUR VAN VERSLAG

In Hoofstuk 1 is die oriëntering ten opsigte van die studie, die probleemstelling asook die program van ondersoek bespreek. Hoofstuk 2 bied 'n grondige literatuurstudie ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde. Sosiale konstruktivisme as die epistemologiese benadering wat ook die basis vorm van die konseptuele leer van wiskunde, word beskou. Verskillende onderrig-leerbenaderings wat relevant is vir die leer van wiskunde word oorsigtelik bespreek. Die betekenisvolle leer van wiskunde word bespreek asook verskillende interafhanklike faktore wat 'n rol speel in die leer van wiskunde, waaronder voornemende onderwysers se houdings en oortuigings jeens die onderrig en leer van wiskunde en 'n leeromgewing waar daar van dinamiese rekenaartegnologie gebruik gemaak word. Laastens word ondersoek ingestel na die verskillende aspekte van onderwyserkennis wat nodig is vir die onderrig van wiskunde.

In Hoofstuk 3 word verskillende teorieë oor die aanleer van die funksiekonsep bespreek. Die hoofstuk word afgesluit met 'n integrasie van O'Callaghan en Dreyfus se teorieë wat 'n basis bied vir die empiriese studie waar ondersoek ingestel word na die konseptuele leer van funksies. Die navorsingsontwerp, die navorsingsmetodologie, data-verwerkings- en data-ontledingstegnieke van die kwantitatiewe en kwalitatiewe metodes wat gebruik is, word in Hoofstuk 4 weergegee. Hoofstuk 5 bied 'n ontleding en bespreking van die resultate en bevindings van die kwantitatiewe en kwalitatiewe prosedures wat gebruik is om die navorsingsdoelwitte (kyk 1.3) te beantwoord.

Aan die hand van die bevindinge word 'n model in Hoofstuk 6 voorgestel vir die sinvolle benutting van 'n tegnologie-verrykte leeromgewing as leerkonteks in wiskunde-onderwyseropleiding. Hoofstuk 7 sluit af met gevolgtrekkings en beperkings ten opsigte van die model, die bydrae wat die studie lewer, asook aanbevelings vir verdere navorsing.