

HOOFSTUK 6

'N MODEL VIR DIE KONSEPTUELE LEER VAN FUNKSIES IN 'N TEGNOLOGIES- VERRYKTE LEEROMGEWING

6.1 INLEIDING

Alhoewel navorsing bevind het dat studente wat aan 'n tegnologies-verrykte leeromgewing blootgestel is, beter konseptuele begrip toon (O'Callaghan, 1998:38; Faughn & Murphy, 2007:1; Kersaint, 2007:257), 'n verbetering in hulle houding teenoor wiskunde toon (Pierce, Stacey & Barkatsas, 2007:287-288), minder wiskunde-angs ervaar (O'Callaghan, 1998: 38) en vertroue verkry in hulle vermoë om wiskunde te doen (Kersaint, 2007:257), blyk dit uit hierdie studie 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 studente blootgestel is, het ook nie 'n verbetering ten opsigte van die interpretasie-, omskakelings- en modelleringskomponent van die funksiemodel teweeggebring nie (kyk 3.4.5 en 5.4.1.2). Studente is wel in staat om verskillende parallelle voorstellings van die funksiekonsep te hanteer, maar ondervind probleme om verwantskappe tussen die verskillende voorstellings, byvoorbeeld die algebraïese, grafiese en tabelvorm raak te sien (kyk 5.4.2). Die kwantitatiewe resultate toon egter wel 'n praktiese betekenisvolle verbetering in die reïfikasie-komponent nadat studente aan die tegnologies-verrykte leeromgewing blootgestel is.

Studente betree die tersiêre leeromgewing met bepaalde houdings en oortuigings ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde, wat in 'n mindere of meerdere mate deur hulle ervaring van wiskunde op skool, onderwysers wat 'n positiewe of negatiewe invloed gehad het, en bepaalde studiegewoontes, gevorm is. Verder blyk dit ook dat leerders in Suid-Afrikaanse skole nog grootliks aan prosedurele onderrig (kyk 2.1) blootgestel word, wat

die konseptuele leer van wiskunde inhibeer. Wanneer studente 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 en die lewenswerklike wiskundeprobleme waarmee hulle gekonfronteer word, oorweldig. Dit noop studente om hulle bestaande studiegewoontes te verander of aan te pas, wat hulle in baie gevalle nie by magte is om te doen nie. Onvanpaste studiegewoontes en bepaalde houdings en oortuigings ten opsigte van die leer van wiskunde veroorsaak juis meer ang en onsekerheid by studente wat ervaar dat hulle nog nie op 'n bepaalde gereedheidsvlak is om hierdie werkswyse te bemeester nie.

In hierdie hoofstuk word 'n model voorgestel om studente se aanvangsgereedheid te verhoog en hulle vir die tersiêre leeromgewing voor te berei sodat hulle wel baat kan vind by 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing. Die model bied 'n raamwerk waarin studente met faktore wat 'n rol speel in hulle houdings, oortuigings en wiskunde-ang, die verbetering van hulle studiegewoontes en ook hulle kennis van basiese funksiekonsepte gekonfronteer word.

6.2 Oriëntering ten opsigte van die voorgestelde model

Ten spyte van toelatingsvereistes waaraan studente aan die einde van Graad 12 voldoen, betree baie Suid-Afrikaanse studente die hoër-onderwysomgewing onder-voorbereid vir die uitdagings wat die tersiêre omgewing bied (Eiselen, 2006:3; Malan, 2008:226). Steyn en Du Plessis (2007: 883) beweer egter dat studente se onder-voorbereidheid vir die tersiêre leeromgewing aan 'n komplekse interverweefdheid van faktore, onder andere die onvermoë om aan die eise van tersiêre onderrig te voldoen, die oorgang van 'n sekondêre na 'n tersiêre leeromgewing en 'n gebrek aan motivering, toegeskryf kan word. Die sekondêre-terisiêre oorgang en die onder-voorbereidheid van studente vir die tersiêre leeromgewing is egter nie uniek aan Suid-Afrika nie (Hoyt & Sorensen; 2001:26; Jourdan, Cretchley & Passmore, 2007:463; Parnell & Statham, 2007:869).

Een van die redes wat aangevoer word waarom sommige studente dit moeilik vind om aan die eise van tersiêre onderrig te voldoen, is 'n gebrek aan kognitiewe vaardighede, waaronder 'n gebrekkige, oppervlakkige en gememoriseerde begrip van basiese wiskunde-konsepte (Steyn & Du Plessis, 2007:883; Wood, 1998:87). Navorsing dui daarop dat baie leerders in Suid-Afrikaanse skole nie genoegsame kennis en vaardighede onderliggend aan

leer en probleemoplossing bemeester nie (Maree & De Boer, 2003:45; Maree *et al.*, 2006:229). Die gebrekkige vaardigheid in basiese wiskundetegnieke is ook 'n internasionale verskynsel (Armstrong & Croft, 1999:59; Tularam, 1998:2). Lamb en Booker (2004:177) spreek byvoorbeeld hulle kommer uit oor die dominante rol van gewoonte-leer of papegaaiwerk waaraan Australiese leerders blootgestel word. Malan (2008:242) beweer dat die oorheersend tradisionele behavioristiese leeromgewing waaraan leerders gedurende hulle skoolloopbaan blootgestel word, leerderafhanklikheid, asook 'n gebrek aan begrip, refleksie en selfgerigte/ selfgereguleerde leer bevorder (kyk 2.5.7).

Volgens Sanford (1998:1) en Scalise *et al.* (2000:16) speel die aanvangsgereedheid van studente wanneer hulle die hoër onderwysomgewing betree, juis 'n bepalende rol in hulle sukses. Die mate waarin studente vaardighede, konsepte en leerstrategieë op skoolvlak aanleer en dit dan na hulle nuwe leeromgewing oordra, is bepalend vir sukses in wiskunde (Wood, 2001:87). Aangesien die eerste semester van studie op tersiêre vlak 'n deurslaggewende rol vir die res van die student se universiteitsloopbaan speel (Huysamen, 1998:44), is dit van kritiese belang om die faktore wat met prestasie gedurende die eerste semester verband hou, te identifiseer (Eiselen, 2006:242).

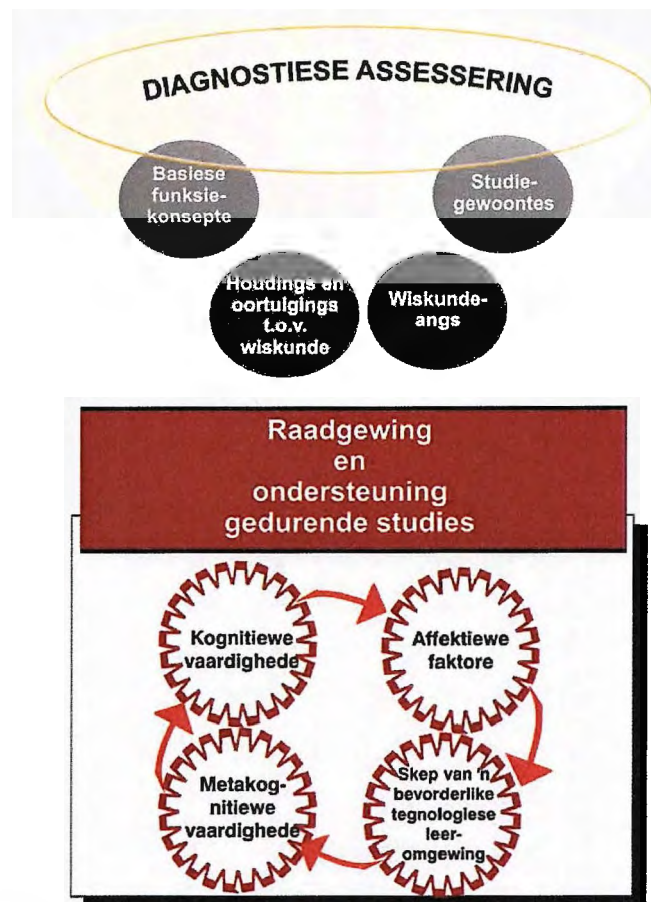
Akademiese prestasie op skoolvlak blyk 'n goeie voorspeller vir akademiese sukses op tersiêre vlak te wees (Eiselen & Geyser, 2003:120; Huysamen, 2001:144; Maree, Pretorius & Eiselen, 2003:399; Maree & Grimbeek, 2002:83), nie net in Suid-Afrika nie, maar ook internasionaal (McGrath & Braunstein, 1997:6; Scalise, 2000:11). Alhoewel Graad 12-wiskundeprestasie positief met prestasie in wiskunde op tersiêre vlak korreleer (Naude *et al.*, 2005:12), dra Graad 12-prestasie in wiskunde nie direk by tot die voorspelling van sukses vir studente wat ondervoorbereid is vir graad-studies nie (Eiselen, 2006:261). Pitt (2002, aangehaal deur Maree *et al.*, 2003:400) beweer voorts dat studente wat die tersiêre omgewing betree, ook 'n aanleg en motivering vir hulle studies nodig het.

Uit Eiselen (2006:261-262) se navorsing kom verskeie ander faktore na vore wat tot die akademiese sukses van studente. Die mate waarin *basiese wiskundevaardighede* insluitende *wiskunde-taalvaardigheid* bemeester is, word met studente se aanvangsgereedheid geassosieer en dra betekenisvol by tot die voorspelling van prestasie gedurende die eerste semester. *Wiskunde-angs* (kyk 2.5.3) speel 'n belangrike rol in terme van Graad 12-prestasie in wiskunde en word in 'n beperkte mate ook met prestasie gedurende die eerste semester geassosieer. *Houding* teenoor wiskunde (kyk 2.5.2) word

met aanvangsgereedheid van studente sowel as met konsekwentheid van studiegewoontes geassosieer wat bevorderlik is vir effektiewe leer. Negatiewe houdings en oortuigings mag moontlik die gevolg van die prosedurele leer wees waaraan studente as leerders op skoolvlak blootgestel is (Amato, 2004:25). Houding teenoor wiskunde dra egter nie direk by tot die voorspelling van sukses in die eerste semester nie (Eiselen, 2006:261). Konsekwentheid van *studiegewoontes* (kyk 4.4.1.3.1) is bevorderlik vir effektiewe leer, word met die aanvangsgereedheid van studente geassosieer en dra betekenisvol by tot die voorspelling van prestasie in die eerste semester (Eiselen, 2006:262; Van Aardt & Van Wyk, 1994:236). Volgens Perry (2004:3) verminder die gebruik van effektiewe studiegewoontes wiskunde-angs en lei dit dus tot 'n verbetering in wiskundeprestasie.

6.3 Uiteensetting van die model

Die doel van die model is om studente gereed te maak en voor te berei vir die tersiêre leeromgewing sodat hulle optimaal baat kan vind by 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing, wat uiteindelik weer in meer positiewe houdings en oortuigings ten opsigte van wiskunde en hoër vlakke van konseptualisering sal uitkring. Hier volg 'n diagrammatiese voorstelling van hoe die model daar uitsien (Fig 6.1):



FIGUUR 6.1 : Diagrammatiese voorstelling van die model

Die model bestaan uit twee aspekte, naamlik

- Om 'n diagnostiese assessering te maak van studente se vlakke van konseptualisering ten opsigte van die funksiekonsep asook studie-oriëntasie ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde, waaronder hulle houdings en oortuigings, studiegewoontes en wiskunde-angs;
- Om studente van raad te bedien aangaande hierdie diagnose wat gemaak is en om aan studente ondersteuning te bied in terme van basiese funksiekonsepte; houdings, oortuigings, wiskunde-angs en studiegewoontes in wiskunde, asook die bevordering en uitbouing van 'n tegnologies-verrykte leeromgewing.

6.3.1 Diagnostiese assessering

Ten einde studente te help om by die eise van die tersiêre leeromgewing aan te pas beveel Jourdan *et al.* (2007:464) aan dat studente diagnostiese toetse skryf om hulle wiskunde-bevoegdheid te bepaal, dat hulle van raad bedien moet word en dat hulle ondersteuning ten opsigte van moontlike tekortkominge moet ontvang. Sodanige toetse word alreeds byvoorbeeld deur ingenieurstudente aan die meeste Suid-Afrikaanse universiteite afgeleë (Steyn & Du Plessis, 2007:882; Carmody, Godfrey & Wood, 2006:24). Die belangrikheid van die meting van basiese wiskundevaardighede is ook deur Armstrong en Croft (1999:61) beklemtoon. Wat die meting van basiese funksiekonsepte betref, word voorgestel dat 'n soortgelyke toets as wat in die onderhawige studie as voortoets gebruik is, opgestel en gestandaardiseer word. Sodanige toets moet dan ook voorsiening maak vir die meting van funksienotasie, wiskundetaalvaardigheid en –terminologie en die probleemoplossingsvermoë van studente.

Aangesien die affektiewe domein ook aan prestasie en studente se benadering tot leer verwant is (kyk 2.5.2), beveel Tularam en Kelson (1998:3) en Alkhateeb en Hammoudi (2006:115) aan dat die affektiewe domein gemeet word. Eiselen (2006:262) gaan egter verder deur te beweer dat die faktore in 6.2 wat met prestasie geassosieer word, van strategiese belang vir akademiese sukses op tersiêre vlak is en beveel aan dat studente in hierdie velde gemeet, geadviseer en ondersteun moet word. Die meting van hierdie velde moet nie gesien word as 'n instrument om wiskunde-onderwysstudente tot die studierigting te weier nie, maar as 'n diagnostiese hulpmiddel wat daarop gerig is om studente wat reeds op grond van bestaande toelatingsvereistes toegelaat is, te adviseer en te ondersteun in die eise van die tersiêre leeromgewing (Eiselen, 2006:263).

Alhoewel daar in die literatuur verskeie meetinstrumente vir die meting van affektiewe en gedragskomponente bestaan, fokus die meeste daarvan gewoonlik op een of twee aspekte, soos die Opsomming van Studiegewoontes en Houdings (OSGH) (Du Toit, 1970 in Maree *et al.* 1997:1) of die Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS) vir die meting van wiskunde-angs, wat deur Richardson en Suinn ontwikkel is (1972, aangehaal deur Malinsky *et al.*, 2006: 275; Ma, 1999:525) en onder andere deur Sloan (2002: 2) en Swars *et al.* (2006: 308) gebruik is.

In teenstelling met bogenoemde instrumente, wat slegs enkele aspekte van die affektiewe en gedragsvelde meet, is die Studieoriëntasievraelys in Wiskunde (SOW) deur Maree (1996) ontwikkel wat verskeie aspekte binne hierdie velde, soos studiehouding, studiegewoontes en wiskunde-angs meet (kyk 4.4.1.3.1). Aangesien die SOW ook geskik is vir eerstejaar-tersiêre studente (Steyn & Maree, 2002:5) kan dit net so gebruik word vir die meting van studente se studie-oriëntasie. Die vraelys is deur Steyn (2002) aangepas vir gebruik op tersiêre vlak en word na verwys as die SOW-T (Studie-oriëntasievraelys vir Tersiêre Studente). Die SOW, asook die tersiêre weergawe daarvan, SOW-T, word as gepas beskou vir die meting van affektiewe en gedragsfaktore soos genoem in 6.2. Die vraelys is ook verder deur Eiselen (2006:118-122) aangepas na die hersiene weergawe van die SOW (SOW-R). Aangesien laasgenoemde vraelys 'n betroubare en geldige maatstaf is vir die houding van studente ten opsigte van wiskunde, hulle angs teenoor wiskunde en die mate waarin hulle van konsekwente en effektiewe studiegewoontes gebruik maak (Eiselen, 2006:262), word aanbeveel dat hierdie instrument as diagnostiese meetinstrument gebruik word. Daarbenewens het Eiselen (2006) ook aangetoon dat die instrument voorspellingsgeldigheid het vir prestasie in wiskunde gedurende die eerste semester.

Daar word voorgestel dat wiskunde-onderwysstudente gedurende die oriënteringsweek voor die aanvang van die akademiese jaar die nodige diagnostiese assesseringstoetse aflê, wat die SOW-R asook die funksietoets insluit.

6.3.2 Aanbevelings en ondersteuning ten opsigte van die uitslag van studente se diagnostiese toetse

Met inagneming van die faktore wat met akademiese sukses geassosieer word, word aanbeveel dat terugvoer op grond van die diagnostiese assesseringstoetse aan alle wiskunde-onderwysstudente gedurende 'n formele kontakssessie(s) aan die begin van die semester deur die betrokke dosent gegee word. Die doel van hierdie aanbevelings is om studente bewus te maak van daardie faktore wat met prestasie en sukses geassosieer word (kyk 4.4.1.3.1), naamlik die belangrikheid van konsekwente studiegewoontes in wiskunde, die belangrikheid daarvan om angsvlakke in wiskunde te verminder, die belangrikheid daarvan om moontlike oorsake van negatiewe houdings en oortuigings vas te stel en die belangrikheid van die kennis van basiese funksiekonsepte, insluitende funksienotasie, -terminologie en wiskundetaalvaardigheid.

Om studente te bemagtig om 'n sukses van hulle wiskunde-onderwysstudies te maak is dit belangrik dat daar ondersteuning aan studente gebied word op grond van die uitslae van die diagnostiese toetse. Ondersteuningsprogramme kom in die algemeen voor in die vorm van 'n kort oorbruggingsjaar (Eiselen, 2006:2), persoon-tot-persoon-ondersteuning (Taylor, 1999:2), voorbereidingsprogramme (Philippou & Christou, 1998:203; Taylor, 1999:2), of selfs 'n ondersteuningsentrum (Eiselen, 2006:264). Terwyl sommige ondersteuningsprogramme slegs op die verbetering van studente se gebrekkige wiskundevaardighede fokus (Armstrong & Croft, 1999:70; Parnell & Statham, 2007:876-877), bied ander ondersteuningsprogramme ook die geleentheid om studente se houdings positief te beïnvloed (Phillipou & Christou, 1998:203), hulle wiskunde-angs te verminder en studiegewoontes en wiskundetaalvaardigheid te verbeter (Eiselen, 2006:275). Die vrug daarvan is uiteindelik 'n verbetering in wiskunde-prestasie op tersiêre vlak.

In die lig van hierdie studie word aanbeveel dat daar op 'n kontinue basis deur die loop van die semester by wyse van 'n ondersteuningsprogram wat parallel met die wiskundemodule loop, ondersteuning aan studente gebied word (Taylor, 1999:2). Hierdie ondersteuningsgeleentheid kan byvoorbeeld die vorm van 'n addisionele weeklikse kontakssessie gedurende die eerste semester aanneem. Sodanige ondersteuningsprogram is daarop gerig om die faktore wat in 6.2 genoem is, aan te spreek. Daar word aanbeveel dat 'n fasiliteerder(s) aangestel en opgelei word om die studente onder toesighouding van die dosent te begelei.

Daar word aanbeveel dat die ondersteuning in vier velde geskied, naamlik kognitiewe of taakverwante vaardighede, metakognitiewe vaardighede en affektiewe faktore (Hattie, Biggs & Purdie, 1996:100), asook die skep en uitbou van 'n bevorderlike tegnologies-verrykte leeromgewing. Alhoewel hierdie velde as afsonderlike komponente genoem word en ook sodanig in die uiteensetting van die model bespreek gaan word, is dit moeilik om die aspekte daaraan verbonde van mekaar te onderskei, en daarom word dit dan ook in die figuur voorgestel as velde wat voortdurend met mekaar in interaksie is en mekaar in 'n mindere of meerdere mate beïnvloed. So byvoorbeeld kan die aanleer van effektiewe studiegewoontes (n kognitiewe vaardigheid) tot 'n vermindering in wiskunde-angs (n affektiewe vaardigheid) lei (kyk 4.4.1.3.1).

6.3.2.1 Kognitiewe vaardighede

Funksiekonsep

In hierdie studie het dit geblyk dat studente probleme met basiese funksiekonsepte ervaar (kyk 5.4.2), waarskynlik omdat hulle in sommige gevalle nie funksienotasie bemeester het nie, of omdat basiese funksiekonsepte wat op skool geleer is, prosedureel aangeleer is. Ondersteuning moet gegee word in terme van die aanleer en remediëring van basiese funksiekonsepte (kyk Hoofstuk 3).

Kommunikasie- en taalvaardighede

Dit blyk ook uit die taakgebaseerde onderhoude dat studente dit moeilik vind om hulle gedagtes te verbaliseer. Tuluram en Kelson (1998:4) beveel aan dat groepstake en geskrewe take gebruik kan word om studente se kommunikasievaardighede in wiskunde, en sodoende hulle wiskunde-taalvaardigheid, te verbeter. Dit is belangrik dat studente aangemoedig word om betrokke te raak in koöperatiewe leer sodat hulle in groepe gedagtes en idees kan uitruil en die geleentheid kry om wiskunde aan ander groeplede te verduidelik (Maree & Crafford, 2005:85). Hierdeur word hulle wiskunde-kommunikasievaardighede ook verbeter. Deur te praat oor wiskunde sal studente ook beter konseptualiseer, aangesien hulle gedwing word om hulle gedagtes te orden.

Effektiewe probleemoplossingstrategieë (Eiselen, 2006:82)

Uit die taakgebaseerde onderhoude het dit ook duidelik geblyk dat die studente nie spontaan tabelle of grafiese voorstellings in die oplos van probleme gebruik nie. Hulle weet ook nie hoe om 'n lewenswerklike situasie te interpreteer nie. In die lig daarvan behoort aan studente ondersteuning gebied te word ten opsigte van die aanleer van effektiewe probleemoplossingstrategieë (Eiselen, 2006:82). Dit is belangrik dat studente nie slegs 'n lys van probleemoplossingstrategieë sal aanleer nie, maar dat effektiewe probleemoplossingstrategieë by wyse van die modellering van lewenswerklike situasies aangeleer word (kyk 2.5.6).

Effektiewe studiegewoontes

In die onderhawige studie blyk dit dat studente se studiegewoontes sigbaar verswak het na blootstelling aan die tegnologies-verrykte leeromgewing (kyk 5.3.1.2). Omdat ontoereikende studiegewoontes tot wiskunde-angs kan bydra en negatiewe houdings ten opsigte van wiskunde daardeur versterk kan word, is dit noodsaaklik dat studente ondersteun word in die aanleer van effektiewe studiegewoontes, soos gereelde klasbywoning, die neem van notas en voorbereiding vir kontakssessies (kyk 4.4.1.3.1).

Aktiewe, selfgerigte leergedrag

Vanuit die semi-gestruktureerde onderhoude is dit duidelik dat studente oor die algemeen nie verantwoordelikheid vir hulle eie leer aanvaar nie en in 'n groot mate nog op die dosent steun vir korrekte antwoorde, om die werk te verduidelik en memorandums van toetse en opdragte te voorsien (kyk 5.3.2.4). Studente behoort aangemoedig te word om aktiewe, selfgereguleerde leerders te word (kyk 2.3.3 en 2.5.7). Kuh, Pace en Vesper (1997:446) asook Adedayo (1999:89) het in hierdie verband bevind dat aktiewe leer die sterkste positiewe invloed op akademiese wins het. Studente moet aangemoedig word om verantwoordelikheid vir hulle eie leer te aanvaar sodat hulle uiteindelik selfgerigte/selfgereguleerde leerders kan word. Volgens De Bruin (2007:228) staan selfgerigtheid sentraal tot kwaliteit-leer (kyk 2.4);

6.3.2.2 Metakognitiewe vaardighede

Uit die taakgebaseerde onderhoude (kyk 5.4.2) blyk duidelik dat die studente nie oor die metakognitiewe selfreguleringsvaardighede van voorspelling, beplanning, montering en evaluering beskik nie. Zan (2000:143) kom tot die gevolgtrekking dat studente probleme in wiskunde ervaar, nie as gevolg van gebrek aan kennis nie, maar weens die feit dat studente nie oor die nodige metakognitiewe strategieë beskik om hierdie kennis toe te pas nie.

Die moontlikhede wat metakognitiewe vaardighede en -strategieë (kyk 2.5.7) vir die verbetering van wiskunde-onderrig en -leer inhou, is relatief onbekend by leerders en onderwysers in Suid-Afrika (Van der Walt, Maree & Ellis, 2006:191), maar ook internasionaal (Hartman, 2001:35), aangesien skoolkurrikula nie die onderrig van metakognitiewe vaardighede eksplisiet insluit nie. Onderrig-intervensie wat gerig is op die ontwikkeling van

metakognitiewe vaardighede, is baie skaars, veral op tersiêre vlak (Zan, 2000:143). Van der Walt *et al.* (2006:191) se navorsing ondersteun hierdie bewering as sy tot die gevolgtrekking kom dat die implementering van metakognitiewe strategieë op tersiêre vlak aandag verdien. Alhoewel Hartman (2001:63) metakognisie as 'n noodsaaklike voorvereiste vir selfgerigte en selfgereguleerde leer sien, dui navorsing daarop dat die verbetering van metakognitiewe kennis en vaardighede 'n komplekse en uitdagende proses is (Nietfeld *et al.*, 2005:9). Die onderrig van spesifieke strategieë alleen gaan nie aan studente die nodige vaardighede voorsien wat hulle op die lang duur nodig het nie (Hartman, 2001:35). Daar behoort deurlopend aandag gegee te word aan metakognitiewe vaardighede en strategieë terwyl studente besig is met die doen van wiskunde.

Verskeie tegnieke en maniere bestaan om metakognitiewe vaardighede en strategieë by skoolleerders tuis te bring. Hierdie tegnieke kan met vrug ook gebruik word by studente (Zan, 2000:143; Kaminski, 2003:21). Een voorstel is dat studente aangemoedig word om deur middel van groepbesprekings en joernaalinskrywings op hulle leerervaringe te reflekteer. Groepbesprekings en persoonlike refleksie bied aan studente nie alleen die geleentheid om hulle denkwys, denkprosesse en menings in probleemoplossing te regverdig nie, maar ook om hulle eie siening oor wiskunde en die leer daarvan te ondersoek (Kaminski, 2003: 22). 'n Tegniek wat hierby aansluit, is dié van hardop-dink (Hartman, 2001: 59-61). Die gedagte is dat die student sy denkprosesse en gedagtes verbaliseer in die uitvoering van 'n taak en die fasiliteerder of groeplede as klankbord gebruik. Die feit dat die student aktief en konstruktief betrokke is in die leerproses help om passiwiteit en gewoonte-leer te voorkom. Dit gee ook aan die dosent/fasiliteerder insig in wat die studente weet en hoe die uitvoering van 'n taak/probleem benader word. Die dosent/fasiliteerder kan wankonsepte, reëls en feite wat verkeerd verstaan word identifiseer, diagnoseer en remedieer. Dit help studente ook om meer akkuraat, versigtig en sistematies te dink. Studente kan hierdeur ook hulle eie kennis, vaardighede en houdings ondersoek. Deurdat hulle hulleself hoor dink, word hulle meer bewus van hulle sterk en swak punte. Uiteindelik verbeter dit studente se beheer oor hulleself as leerders en lei dit tot verbeterde akademiese prestasie.

Aangesien metakognitiewe vaardighede en strategieë deel vorm van metakognisie, spreek dit vanself dat metakognisie by studente bevorder moet word. Wanneer intervensie of ondersteuning in terme van leerstrategieë plaasvind, behoort benewens metakognitiewe selfregulering ook aandag gegee te word aan veral die voorwaardekennis van waar,

wanneer en hoe bepaalde strategieë gebruik word (Hattie *et al.*, 1996:100). In aansluiting hierby beveel Schraw (2001:8) aan dat metakognisie op die volgende wyse bevorder kan word: bevorder 'n algemene bewustheid van die belangrikheid van metakognisie, verbeter metakognitiewe kennis en metakognitiewe regulering en skep leeromgewings wat metakognisie bevorder (kyk 6.4.3.3):

Bevorder algemene bewustheid van die belangrikheid van metakognisie:

Studente moet die verskil tussen kognisie en metakognisie verstaan ten einde selfgereguleerde leerders te word. Dosente, ander studente en refleksie speel elk 'n belangrike rol in hierdie proses. Dosente behoort tyd om die belangrikheid van metakognitiewe kennis te bestee en regulering te beklemtoon deur beide kognitiewe en metakognitiewe vaardighede vir die studente te modelleer (Schraw, 2001:8-9). Te dikwels fokus die dosent op die kognitiewe (hoe om 'n taak uit te voer) sonder om die metakognitiewe te modelleer (hoe hulle dink en hulle denkprosesse monitor), soos ook duidelik uit die taakgebaseerde onderhoude blyk (kyk 5.4.2).

Nog 'n verantwoordelikheid wat by die dosent lê, is om studente aan te moedig om hulle vrae duidelik en akkuraat te stel. Studente stel dikwels net belang in die korrekte antwoord, of beweer dat hulle nie verstaan nie. Dit is belangrik dat studente sal artikuleer wat hulle nie verstaan nie en hoekom hulle nie verstaan nie (Zan, 2000:145). Uitgebreide inoefening en refleksie is van kardinale belang in die vorming van kognitiewe en metakognitiewe vaardighede, veral wanneer studente die geleentheid gebied word om oor hulle mislukkinge en suksesse te reflekteer (Schraw, 2001:8).

Verbeter metakognitiewe kennis:

Dit is belangrik dat studente kennis dra van die verskillende soorte metakognitiewe kennis, naamlik konseptuele of verklarende kennis (wat), prosedurele kennis (hoe) en voorwaardekennis (wanneer, hoekom). Hierdie kennis is uiters belangrik in die aanleer van metakognitiewe vaardighede. Tydens die uitvoer van 'n taak of probleem is die tipiese vrae wat gevra kan word (Schoenfeld, 1992:356):

- Wat presies doen jy? (Kan jy dit duidelik beskryf?) (Verklarende kennis);
- Hoekom doen jy dit? (Hoe pas dit in by die oplossing van die probleem?) (Voorwaarde-kennis);
- Hoe help dit jou? (Wat gaan jy met die resultaat maak wat jy kry?) (Prosedurele kennis).

Aanvanklik kan die dosent/ fasiliteerder hierdie vrae vra, maar uiteindelik is dit die studente wat in die gewoonte moet kom om hierdie selfmoniteringsvrae te vra en te antwoord (Gourgey, 2001:24).

In aansluiting hierby sê Hartman (2001:57) dat terugvoer aan studente nie net deur studente as 'n deelnamepunt of opmerkings op papier gesien moet word nie. Studente moet aangemoedig word om oor die terugvoer wat hulle ontvang het, en hoe dit gebruik kan word om toekomstige prestasie te verbeter, te reflekteer. Assessering is die effektiwste as dit studente se selfassessering en selfmonitering insluit. Hartman (2001) stel voor dat dieselfde kategorieë van metakognitiewe kennis gebruik kan word om fout-analise te doen.

Verbeter metakognitiewe regulering

Metakognitiewe regulering verwys na metakognitiewe aktiwiteite wat behulpsaam is in die beheer van denke of leer (Schraw & Moshman, 1995:354) en behels beplanning, monitering en evaluering. Soortgelyke vrae is ook in die taakgebaseerde onderhoude gebruik (kyk Bylaag E) en dit het geblyk dat studente nie daarin kon slaag om met akkuraatheid te voorspel of te evalueer hoe hulle in 'n probleem gaan presteer of presteer het nie. Nog minder kon hulle daarin slaag om hulle probleemoplossingstrategieë te beplan of te monitor. Schraw (2001:11) en Hartman (2001:58) stel tipiese vrae voor wat 'n student homself kan afvra tydens elkeen van die aktiwiteite:

Beplanning	Monitering	Evaluering
Wat is die aard van die taak/ probleem?	Verstaan ek wat ek doen? Maak dit sin?	Het ek my doel bereik?
Watter inligting het ek nodig?	Bereik ek my doelwitte? Moet ek enige veranderinge maak?	Wat het gewerk/ nie gewerk nie?
Watter strategieë kan ek gebruik?	Maak ek agtelosige foute?	Sal ek volgende keer anders te werk gaan?
Het ek al voorheen so 'n probleem gedoen?	Is my skets/ diagram/ grafiek reg?	Maak my antwoord sin?
		Het ek 'n gepaste metode gebruik om die probleem op te los?

6.3.2.3 Skep van 'n bevorderlike tegnologies-verrykte leeromgewing

Ten einde 'n tegnologies-verrykte leeromgewing te skep wat bevorderlik is vir die konseptuele leer van wiskunde, is dit nodig dat studente oordeelkundige gebruikers van tegnologie word. Om dit te bereik word die volgende strategieë voorgestel:

Bevorder die oordeelkundige gebruik van tegnologie (Ball & Stacey, 2005:10-12)

Metakognitiewe vaardighede bestaan nie in 'n vakuum nie. Dikwels besit studente kennis en strategieë wat gepas is vir 'n taak, maar gebruik dit nie korrek nie (Zan, 2000:144). Studente slaag nie daarin om deursettingsvermoë aan die dag te lê met 'n uitdagende taak nie; hulle doen nie moeite om te presteer in 'n probleem nie omdat hulle glo dat die gebrek aan intellektuele vermoë, en nie die keuse van strategieë of selfregulering nie, hulle verhinder (Schraw, 2001:12). Uit die semi-gestruktureerde onderhoude kom hierdie aspek duidelik na vore as studente beweer dat hulle "nog nie op 'n sekere vlak is" om bepaalde take te bemeester nie (kyk 5.3.2.4).

Dosente behoort dus 'n leeromgewing te skep waarin bemeestering van wiskundekonsepte en -vaardighede aangemoedig word, deur insette en deursettingsvermoë en ook die gebruik van verskillende strategieë aan te moedig. Die voordeel van so 'n leeromgewing is dat studente 'n breër repertoire van strategieë bou, meer geneig is om hierdie strategieë te gebruik en meer metakognitiewe kennis aanleer oor die regulering van strategieë (Schraw & Moshman, 1995:365-366)(kyk 6.3.2.2).

Die tegnologies-verrykte leeromgewing waaraan studente blootgestel word, speel 'n belangrike rol in die aanleer van metakognitiewe kennis en vaardighede (kyk 2.5.8). Die ideaal is dat 'n student die rekenaar nie as 'n bron van gesag of dienskneg sal gebruik nie, maar as 'n verlenging van sy wiskundevaardighede (kyk 2.5.8). In hierdie studie het dit egter na vore gekom dat sommige studente die dinamiese sagteware gebruik sonder dat hulle geweet het hoekom hulle dit doen (kyk 5.2.3.2). Die uiteindelijke doel is dat die student 'n oordeelkundige gebruiker van tegnologie sal word (Ball & Stacey, 2005:3), wat in staat is om met gemak tussen wiskundenotasie en dinamiese sagteware te beweeg en hierdie hulpmiddels effektief te gebruik (Ball & Stacey, 2005:4). Soos Barabash *et al.* (2003:148) dit stel: tegnologie op sigself verbeter nie die leerproses nie, maar eerder die oordeelkundige en kreatiewe gebruik daarvan wat tot betekenisvolle leer lei.

Die oordeelkundige gebruik van tegnologie behels dat die studente voortdurend vir homself afvra of dit doelmatig (doeltreffend) is om tegnologie te gebruik al dan nie om 'n probleem op te los, en nie maar net na tegnologie gryp as dit met behulp van eenvoudiger metodes opgelos kan word nie (Ball & Stacey, 2005:4). Metakognisie in hierdie konteks behels studente se kennis en oortuigings oor die toepaslike gebruik van hoofrekene-strategieë, pen- en papiermetodes en die gebruik van tegnologie in die oplossing van 'n probleem. Besluite oor of 'n probleem met behulp van hoofrekenestategieë, pen- en papiermetodes of tegnologie opgelos behoort te word, behoort 'n onderwerp van klasbespreking te word. Studente kan hulle besluite met mekaar deel en bespreek. Hierdie besluite sal onder andere op die moeilikheidsgraad van die probleem, maar ook goeie besluitneming vereis om vorentoe te kyk en die oplossingstrategieë te antisipeer (Ball & Stacey, 2005:10). Suksesvolle probleemoplossers se metakognitiewe vaardighede word juis gekenmerk deur die feit dat hulle die moeilikheidsgraad van 'n probleem in vergelyking met hulle eie vaardighede akkuraat kan voorspel (Lucangeli & Cornoldi, 1997:131), anders as wat uit die taakgebaseerde onderhoude geblyk het (kyk 5.4.2). Hierdie vermoë is noodsaaklik vir die

oordeelkundige gebruik van tegnologie. Een manier om omsigtige besluitneming te bevorder is dat studente hulle oor- of onderbenutting van tegnologie vir elke opdrag sal monitor (Ball & Stacey, 2005:12). Studente moet aangemoedig word om die tipiese metakognitiewe vrae soos in par 6.3.2.2 beskryf, vir hulself af te vra.

Integreer die toepaslike gebruik van tegnologie in die kurrikulum (Ball & Stacey, 2005:12)

'n Leeromgewing waar die verantwoordelikheid aan studente oorgelaat word om te besluit of hulle hoofrekenestategieë, pen-en-papiermetodes of tegnologie gaan gebruik, voorsien die beste geleentheid waarin studente kan leer om tegnologie oordeelkundig te gebruik (Ball & Stacey, 2005:12). Tegnologie moet dus 'n integrale deel van die kurrikulum uitmaak en nie as 'n nagedagte bygevoeg word nie (Barton, 2003:15). 'n Kurrikulum waar tegnologie goed geïntegreer is, word deur 'n verskeidenheid probleme gekenmerk, sommige wat die beste gedoen word sonder tegnologie en ander wat juis die dinamiese gebruik van tegnologie bevestig. Tegnologie moet ook nie gebruik word om roetineprosedures uit te voer sonder die toepaslike wiskunde- en tegnologiese begrip nie (Garofalo *et al.*, 2000:69). Die gebruik van tegnologie in wiskunde-onderrig het nie ten doel om meer omtrent tegnologie te leer nie, maar eerder die verbetering en verryking van wiskunde-onderrig en -leer (Garofalo *et al.*, 2000:68). In die praktyk impliseer dit dat studente tydens elke kontakgeleentheid toegang tot 'n rekenaarlokaal/ laboratorium sal hê, en nie slegs een periode per week, soos met die studente in die onderhawige studie die geval was nie. Aktiwiteite moet die module-uitkomste ondersteun en moenie maar net gedoen word omdat dit deur die beskikbare tegnologie moontlik gemaak word nie (Garofalo *et al.*, 2000:69). Assessering kan ook die oordeelkundige gebruik van tegnologie bevorder as dit items bevat wat effektief met tegnologie, en ander items wat daarsonder opgelos kan word (Ball & Stacey, 2005:12).

Behaal voordeel uit die gebruik van tegnologie

Aktiwiteite moet die moontlikhede wat tegnologie bied, ten volle benut en moet dus die grense van dit wat sonder tegnologie gedoen kan word, oorskry en dit ook op 'n betekenisvolle manier verbeter. Deur gebruik te maak van tegnologie om dieselfde uitkomste te bereik as wat sonder tegnologie bereik kon word, versterk nie die leer van wiskunde nie en gee 'n wanvoorstelling van die bruikbaarheid van tegnologie. Dit kan eerder 'n struikelblok in die leerproses wees (Garofalo *et al.*, 2000:71). Tegnologie stel studente in staat om bepaalde onderwerpe in meer diepte en op 'n meer interaktiewe wyse te ondersoek, sodat

hulle kognitiewe prosesse nie alleen versterk word nie, maar ook gereorganiseer word (Goos *et al.*, 2003:5).

Aktiwiteite in 'n technologies-verrykte leeromgewing moet wiskunde-verwantskappe op tweeërlei wyse fasiliteer: (a) verskillende onderwerpe in wiskunde moet geïntegreer word en (b) die lewenswerklike toepassing van wiskunde moet aandag geniet (kyk 2.3.4). Die toepaslike gebruik van tegnologie kan sodanige toepassings fasiliteer deurdat toegang tot werklike data en inligting verkry word, sekere onderwerpe meer prakties ondersoek word en dit makliker vir studente is om die verwantskap tussen veelvuldige voorstellings van funksies raak te sien (Garofalo *et al.*, 2000:73).

Bevorder die betekenisvolle leer deur die gebruik van tegnologie

'n Sterk algebraïese insig (kyk 3.3) is noodsaaklik vir probleemoplossing in wiskunde, hetsy dit met behulp van pen-en-papiermetodes of met behulp van tegnologie is (Ball & Stacey, 2005:13). Aktiwiteite in 'n technologies-verrykte leeromgewing moet verskillende voorstellings van funksies inkorporeer (Garofalo *et al.*, 2000:76), aangesien studente dit oor die algemeen moeilik vind om verwantskappe tussen die verbale, grafiese, numeriese en algebraïese voorstellings van funksies raak te sien (Knuth, 2000:53) (kyk 5.4.2). Tegnologie kan op 'n effektiewe manier gebruik word om studente te help om hierdie verwantskappe raak te sien en sodoende hulle algebraïese insig te verbeter. Die uitdruklike gebruik van algebraïese insig moet 'n gewoonte word sodat, wanneer studente 'n algebraïese uitdrukking of 'n funksie sien, hulle oor dit reflekteer wat hulle reeds omtrent die simbole, die struktuur, sleuteleenskappe en die grafiese voorstelling daarvan weet voordat hulle die probleem verder probeer oplos. As die dosent hierdie stap voortdurend in die klas modelleer, is dit meer waarskynlik dat dit ook 'n gewoonte by studente sal word (Pierce & Stacey, 2003:21). Algebraïese insig is ook noodsaaklik om die uitsette wat tegnologie oplewer, dwarsdeur die probleemoplossingsproses te monitor. Studente moet dus aangemoedig word om hulself deurentyd af te vra of die resultate/antwoorde sinvol is (Ball & Stacey, 2005:14).

6.3.2.4 Affektiewe faktore

Verskeie van die studente in die semi-gestruktureerde onderhoude rapporteer gevoelens en emosies wat as wiskunde-angs geïdentifiseer kan word (kyk 5.3.2.3). Trujillo en Hadfield (1999: 8) beveel aan dat studente met hulle negatiewe oortuigings ten opsigte van wiskunde gekonfronteer moet word, aangesien negatiewe oortuigings dikwels in wiskunde-angs manifesteer (Uusimaki & Nason, 2004:369)(kyk 2.5.3). Vanweë die komplekse aard van wiskunde-angs, wat die affektiewe en kognitiewe gebied van leer beslaan, is elemente van beide die gebiede nodig om dit te oorkom (Uusimaki & Kidman, 2004b:4).

Onderwyser-opleiers kan baie doen om studente te help om hulle negatiewe oortuigings en wiskunde-angs te oorkom. Hiervoor word intervensie vereis. Soos met enige negatiewe gedrag begin verandering met die erkenning dat daar 'n probleem is (Martinez & Martinez, 1996:12). Bewustheid van aangeleerde negatiewe oortuigings en affek, en die vermoë om hierdie emosies te monitor, is noodsaaklik om wiskunde-angs te oorkom en te beheer (Uusimaki & Kidman, 2004b:1; Pintrich, 2000:97). Volgens Swars, Daane en Giesen (2006:313) is die bewus wees van negatiewe ervarings 'n bousteen in die vermindering van wiskunde-angs en beweer hulle dat hierdie vorige negatiewe ervarings hanteer kan word deur aan studente die geleentheid te bied om hulle gevoelens te bespreek en neer te skryf. Smith en Smith (1998:8) noem dit "taking into possession" deur bewus te wees van die bron van angs, en die gevoelens sonder selfkritiek te aanvaar.

Direkte bewuste handeling (Uusimaki & Nason, 2004:370), en 'n duidelike definiëring en refleksie ten opsigte van die identifisering van die spesifieke soort wiskunde wat die negatiewe gevoelens en angs veroorsaak, word van die studente geverg (Uusimaki & Nason, 2004:371; Martinez & Martinez, 1996:16). Iemand wat sê dat hy wiskunde 'haat', mag dalk by nadere ondersoek vind dat hy 'n spesifieke afdeling van wiskunde haat, byvoorbeeld hy mag dalk algebra haat, maar van hoofrekene-bewerkings hou.

Raymond (1997:574) beweer dat voortdurende refleksie oor wiskunde-oortuigings en -praktyke wat reeds inonderwyseropleiding begin, die sleutel tot die verbetering van die kwaliteit van wiskunde-onderrig mag wees en ook die diskrepansie tussen oortuiging en onderrigpraktyk verminder (kyk 2.5.9). Die volgende aanhaling (Williams, 1988:101)

demonstreer die waarde daarvan om wiskunde-angs by voornemende wiskunde-onderwysers te verminder:

Tell me mathematics, and I will forget; show me mathematics and I may remember; involve me in a tension-free atmosphere in small group work and with manipulative aids in mathematics and I will understand mathematics. If I understand mathematics, I will be less likely to have math anxiety. And if I become a teacher of mathematics, I can thus begin a cycle that will produce less math-anxious students for generations to come.

- 'n Parafrase van 'n Chinese spreuk (Williams, 1988: 101)

Verskeie tegnieke kan ingespan word om wiskunde-angs te verminder (kyk 2.5.3):

- Die aanleer van effektiewe studiestrategieë in wiskunde (Smith & Smith, 1998:8) (kyk 6.3.3.1);
- Deur in groepe te werk word individuele motivering verhoog (Cornell, 1999:4);
- Die effektiewe gebruik van tegnologie (sien Pierce *et al.*, 2007:287)(kyk 6.3.2.3);
- Probeer om die konsep te verstaan, eerder as om op die geheue staat te maak (Le Moyene College, 1999:1).

6.4 Samevatting

In hierdie hoofstuk is 'n model voorgestel om studente se gereedheid te verhoog, sodat hulle baat kan vind by 'n dinamiese tegnologies-verrykte leeromgewing. Die model behels eerstens dat daar 'n diagnostiese assessering gemaak word van studente se basiese funksiekonsepte, hulle studiegewoontes, houdings ten opsigte van die onderrig en leer van wiskunde en wiskunde-angs. Die tweede komponent van die model behels die aanbevelings wat aan studente gebied word na aanleiding van die diagnostiese assessering asook deurlopende ondersteuning wat aan studente gebied word as 'n geïntegreerde deel van die wiskundemodule. Die ondersteuning geskied ten opsigte van kognitiewe en metakognitiewe vaardighede, affektiewe faktore – spesifiek die vermindering van wiskunde-angs, asook ondersteuning ten opsigte van die oordeelkundige gebruik van tegnologie.

In Hoofstuk 7 volg 'n samevatting van die navorsing asook aanbevelings en tekortkominge van hierdie studie.