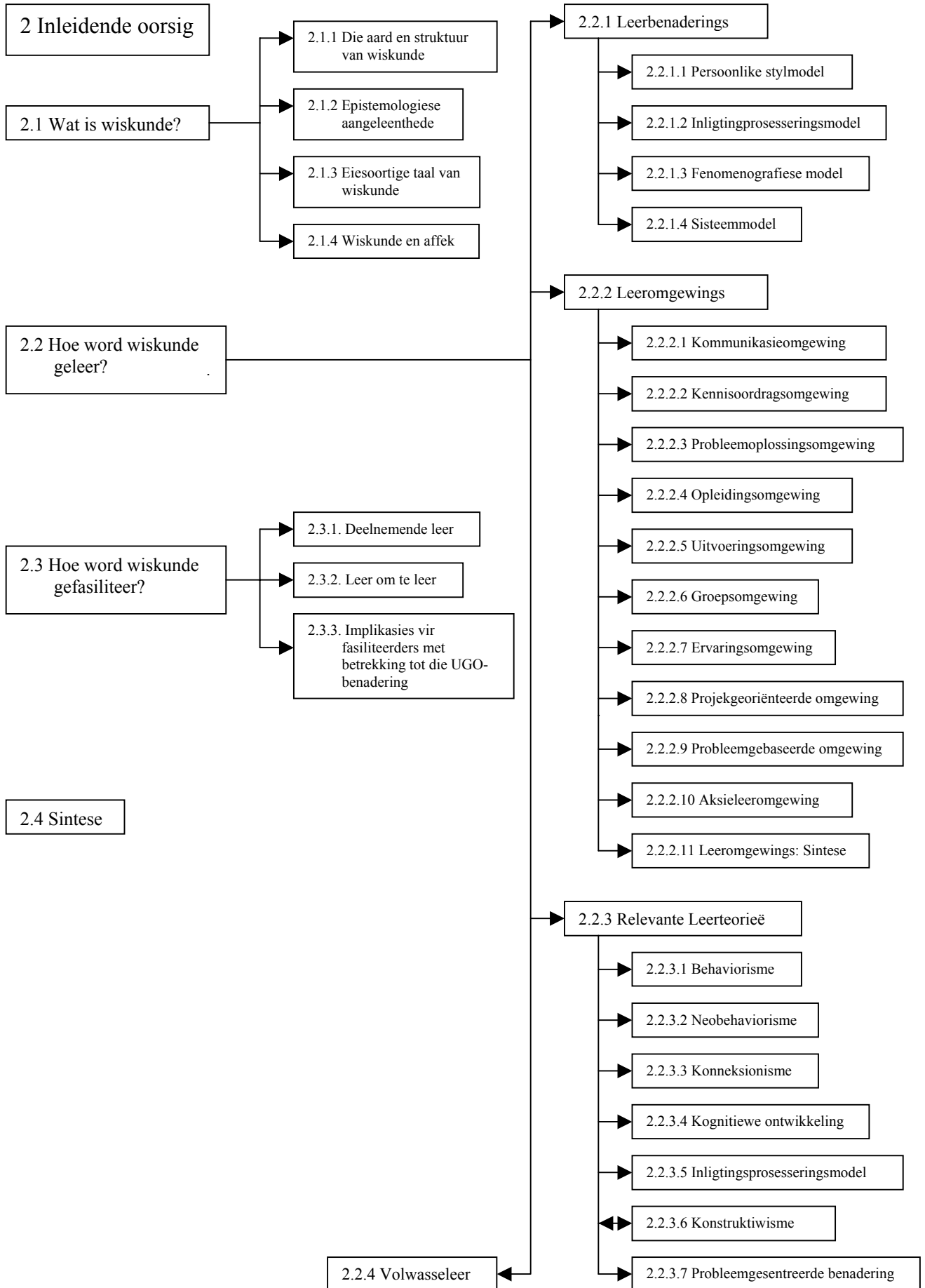


## Hoofstuk 2: Leer en leerfasilitering in wiskunde



## HOOFSTUK 2

### LEER EN LEERFASILITERING IN WISKUNDE

#### 2. INLEIDENDE OORSIG

##### 2.1 WAT IS WISKUNDE?

In tabel 1.1 (p. 5) is verskeie definisies vir die woord wiskunde aangebied. Vir die doel van die onderhawige studie word die woord "wiskunde" soos volg gedefinieer:

**Wiskunde is die vakgebied wat met die simbolisme en verhoudings van nommers en groottes handel, wat kwantitatiewe bewerkings uitvoer om onder meer kwantitatiewe probleme op te los.**

Wiskunde word deur mense beoefen in 'n poging om toenemend van die werklikheid waarin mense hulself bevind, sin te maak.

Die definisie van die leerarea "wiskunde", volgens die Suid-Afrikaanse Nasionale Kurrikulum (DoE, 2002a: 4), is soos volg:

*Mathematics is a human activity that involves observing, representing and investigating patterns and quantitative relationships in physical and social phenomena and between mathematical objects themselves. Through this process, new mathematical ideas and insights are developed.*

Die Suid-Afrikaanse Nasionale Kurrikulum (DoE, 2002a: 4) dui voorts aan dat wiskunde 'n eie gespesialiseerde taal met simbole en notasies gebruik. Wiskundige idees en konsepte bou op mekaar voort om sodoende 'n samehangende struktuur te skep.

Die leerarea wiskunde sluit kennis en vaardighede, soos in tabel 2.1 uiteengesit, in.

**Tabel 2.1: Die leerarea "wiskunde": kennis en vaardighede**

<b>Kennis</b>	<b>Vaardighede</b>
Getalle, bewerkings en verhoudings	Voorstelling en interpretasie
Patrone, funksies en algebra	Skatting en berekening
Spasie en vorm (meetkunde)	Redenasie en kommunikasie
Meting	Probleemformulering
Datahantering	Probleemoplossing en ondersoek
	Beskrywing en analise

Deur die navorser aan die hand van die Suid-Afrikaanse Nasionale Kurrikulum (DoE, 2002a: 4) opgestel

Die simboliese aard, eiesoortige taal en die gestruktureerdheid van wiskunde verdien om bondig onder die loep geneem te word.

### 2.1.1 Die aard en struktuur van wiskunde

Wiskundige geletterdheid stel persone in staat om met selfvertroue in die samelewing op te tree. Toegang tot wiskunde blyk dus 'n basiese mensereg te wees. Uitkomsgerigte Onderwys (UGO) (DoE, 2002a: 4), wat tans in Suid Afrika geïmplementeer word, het ten doel om studente te begelei om die volgende vaardighede en gesindhede te verwerf:

- ◆ 'n kritiese bewustheid van hoe wiskundige verhoudings in die sosiale, omgewings-, kulturele en ekonomiese aangeleenthede gebruik word;
- ◆ die nodige selfvertroue en vermoë om in enige wiskundige situasie, sonder vrees vir wiskunde, te handel;
- ◆ 'n waardering vir die skoonheid en estetika van wiskunde;
- ◆ 'n gees van nuuskierigheid;
- ◆ 'n liefde vir wiskunde.

Die unieke aard en omvang van die UGO-kurrikulum vir die leerarea "wiskunde" word in tabel 2.2 weergegee.

**Tabel 2.2: Die unieke aard en omvang van wiskunde**

Unieke aard van wiskunde	Omvang van vaardighede
Bewerkings met getalle, data, oppervlak en vorm:	Visualisering                      Meting Ordening                              Berekening Skatting                                Interpretasie Die maak van ingeligte keuses Vergelyking en kontrastering Die klassifikasie en voorstelling van wiskunde met selfvertroue en akkuraatheid
Probleemoplossing:	Singewing aan die probleem Analisering en sintetisering Bepaling en uitvoering van oplossingstrategieë Interpretasie van die geldigheid van die oplossing vir die bepaalde konteks
Ondersoek van patrone en verhoudings:	Beskrywings                      Veronderstellings Gevolgtrekkings                  Afleidings Terugkaatsings                  Veralgemenings Voorspellings                      Weerleggings Verduidelikings                  Spesialisering Definiëring                        Modellering Verantwoording                  Voorstelling

Deur die navorser na aanleiding van die Suid-Afrikaanse Nasionale Kurrikulum (DoE, 2002a: 5) opgestel

Rastogi (1991: x-xi) beweer dat rekenkunde die grondslag van wiskunde is en dat rekenkunde optel-, aftrek-, vermenigvuldig- en deelbewerkings behels. Ingewikkelder wiskundige prosesse, soos oppervlaksbepaling, is hierop gebaseer en word met behulp van rekenkunde bereken. Studente wat nie die rekenkundige bewerkings toereikend bemeester het nie, sal noodwendig met die ingewikkelder wiskunde (algebra, meetkunde, trigonometrie) probleme ondervind, aangesien hul redenasievermoë nie optimaal ontwikkel het nie (Rastogi, 1991: 17).

### 2.1.2 Epistemologiese aangeleenthede

Volgens Maree (2002b: 201) bestaan daar genoegsame navorsingsresultate wat aantoon dat studente in Suid-Afrikaanse skole nie die vakinhoud van wiskunde voldoende bemeester nie. Studente verwerf dikwels kunsmatig 'aangeleerde' kennis van basiese konsepte en hulle pas aangeleerde reëls meganies toe.

Probleemgesentreerde leer in wiskunde vind groot byval in onderwyskringe, in teenstelling met die meer tradisionele benadering waar papegaaileer (*rote learning*) sonder die nodige insig plaasgevind het. Laasgenoemde benadering het nie studente se inisiatief ontwikkel nie. Die tradisionele benadering was baie onderwysergesentreerd en studente was dikwels passief (De Corte, 1995; Schoenfeld 1994).

Aktiewe deelname deur studente, wat deur die UGO-benadering vereis word, sluit eksperimentering en veralgemening in, en berus sterk op die studente se vermoë om te kommunikeer (van Tonder, 2000: 20). Wiskunde en taal staan dus in noue verband met mekaar.

### 2.1.3 Wiskunde en die eiesoortige taal van wiskunde

Merttens en Vass (1990: 25) voer aan dat taal en singewing 'n voorvereistes vir die uitvoering van die meeste take in die lewe is, en dat singewing deur middel van taal geskied.

Vygotski (in Biggs & Shaw, 1995: 27) beweer dat taal sentraal in die onderrig van wiskunde staan, aangesien taal aktiwiteite organiseer. Taal is die voertuig waarmee 'n fasiliteerder studente in wiskundeonderrig moet begelei. Volgens Kriel (1990: 183) is wiskunde 'n gespesialiseerde taal met 'n kenmerkende stel simbole.

Hugo (1991: 36-40) stel die volgende maatreëls voor ter verbetering van studente se wiskundige leesvermoë:

- ◆ Maak studente bewus van die eiesoortigheid van wiskundige taal en teks.
- ◆ Wys studente op eiesoortige leeshandeling, insluitend
  - die korrekte lees van simbole in wiskunde;
  - die vermoë om grafiese materiaal te lees;
  - die vermoë om instruksies te volg;
  - die vermoë om verbande raak te sien;
  - die aanleer van effektiewe leesspoed;
  - die vermoë om relevante en irrelevante inligting raak te sien;
  - die vermoë om deduktief te lees.

Taal is die medium waardeur bespreking en interaksie in die wiskundeklas plaasvind. Bespreking en interaksie word nie net deur taal nie, maar ook deur affek beïnvloed.

#### 2.1.4 Wiskunde en affek

Baie studente het 'n weersin in wiskunde. Wadsworth (1996: 167) beweer dat negatiewe gevoelens by studente, wat wiskunde nie verstaan nie, voorkom. Wiskunde is 'n vak waar 'n student se kognitiewe gedrag sterk deur sy/haar affek beïnvloed word (Wadsworth, 1996: 31). Studente wie se kennisbasis nie op logies-wiskundige redenasies berus nie, raak verlore. Sodanige studente verloor selfvertroue, gooi maklik tou op en ervaar negatiewe gevoelens oor hulself.

Studies wat op die verband tussen selfbeeld en intelligensie ten opsigte van wiskundeprestasie gerig was, het getoon dat die korrelasie tussen selfbeeld en wiskundeprestasie 0,55 is, terwyl die korrelasie tussen intelligensie en wiskundeprestasie 0,5 is (Bester, 1988: 167-168). 'n Moontlike afleiding wat na aanleiding van die voorgaande korrelasiekoëffisiënte gemaak kan word, is dat studente se selfbeeld sowel as hul intelligensie in 'n bepaalde mate 'n bydrae tot hul wiskundeprestasie lewer.

Marsh (in Byrne, 1996: 7) beweer die volgende:

*Self-concept, like many other psychological constructs, suffers in that 'everyone knows what it is', so that many researchers do not feel compelled to provide any theoretical definition of what they are measuring.*

Byrne (1996: 4) is van mening dat die lukrake wyse waarop navorsers 'self' terminologieë omruil en aanwend, tot verwarring in die literatuur bydra. Voorbeelde hiervan is **selfbeeld**, **selfkonsep**, **selfwaarde** en **selfbewussyn**. Vir die doel van die onderhawige studie volstaan die navorser met die definisie van Yawkee (in Jacobs & Raath, 1993: 12):

*The self-concept is, essentially, a conceptualisation or image of the self. It encompasses all that a child brings to the statement "This is me", including an understanding of his qualities and capabilities and the feelings that accompany these self-perceptions.*

Aangesien die student se selfbeeld 'n belangrike rol in wiskundeprestasie speel, word daar vlugtig gefokus op die riglyne wat Brown (2000: 72-82) vir die daarstelling en instandhouding van 'n positiewe selfbeeld by studente voorstel:

◆ Bewustheid van die 'self'

Die bewustheid van die 'self' dui op 'n vermoë by die student om 'n identiteit te vorm en dan waarde daaraan te heg. Studente wie se selfbewussyn goed ontwikkel is, sal meer van hul eie emosies bewus wees, asook hoe om hierdie emosies te gebruik om persoonlike verhoudings, breinkrag, selfbeeld en motivering te verbeter (Möller, 2002: 258).

◆ Aanvaarding van die 'self'

Selfaanvaarding is meer as die blote erkenning van eie, positiewe eienskappe. Dis 'n houding van aanvaarding en niebeoordeling van die "self". Positiewe denke oor die self, ander en die omgewing dra tot 'n gevoel van emosionele sekerheid by. Studente wat hulself

as gevolg van opvoedkundige invloede positief beleef, behoort 'n positiewe selfbeeld en goeie sosiale verhoudings te hê (Möller, 2002: 260).

◆ Evaluering van die 'self'

Daar is geen waardeoordeel méér van belang en geen faktor méér rigtinggewend in die sielkundige ontwikkeling en motivering van die mens, as die waarde wat hy/sy aan hom-/haarself toedig nie (Branden, 1994: 45).

◆ Deernis met die 'self'

Wanneer 'n student deernis vir hom-/haarself toon, verstaan en aanvaar hy/sy dat dit menslik is om foute te maak. Sulke studente beskik oor die vermoë om hulself te vergewe vir die foute wat hulle maak en is belangrik in die verkryging van 'n realistiese en positiewe selfbeeld.

◆ Verwoording van gedagtes en gevoelens

Studente behoort begelei te word om die vaardigheid van "verwoording van gevoelens en gedagtes" te bemeester, aangesien normale, gesonde gedrag plaasvind wanneer 'n persoon in totaliteit (kognitief en emosioneel) reageer (Thompson & Rudolph, 1996: 141).

◆ Hantering van angs

Angs kan teengewerk word deur aan studente die "kuns van vergenoegdheid" (art of contentment) te leer. Dit is die vermoë om plooibaar, aanpasbaar en kalm te wees. Angs kan ook deur middel van ontspanningstegnieke en asemhalingsoefeninge verhoed word (McGinnis, 1990: 152). "Vergenoegdheid" kan ook in verband met "prestasië volgens vermoëns" gebring word, wat impliseer dat studente realistiese verwagtinge behoort te koester.



Wolfstein (1998: 63) beklemtoon die waarde van humor en beweer dat woede, angs, frustrasie en ander emosionele probleme op 'n natuurlike wyse deur humor verlig kan word.

Humor in die klas kan

- ontspanning en samehorigheid skep;
- empatie en goedgesindheid skep;
- studente in staat stel om uit foute en mislukkings te leer; en
- 'n positiewe leeromgewing skep.

Die wiskundeklas is dikwels vir studente 'n angsvolle omgewing en humor kan moontlik 'n bydrae lewer om die wiskundeleer meer ontspanne te laat plaasvind.

#### ◆ Persoonlike verantwoordelikheid

Die sleutel tot suksesvolle aanpassing is in die ontwikkeling van persoonlike verantwoordelikheid geleë (Thompson & Rudolph, 1996: 141). Studente behoort van meet af aan geleer te word dat daar verskillende keuses bestaan en behoort aangemoedig te word om verantwoordelike keuses te maak (Woolfolk, 1998: 77). 'n Student kan begelei word om gedagtes van 'ek kan nie' na 'ek sal probeer' te verander.

Wiskunde is 'n vak wat oefening verg en studente behoort aangemoedig te word om "te probeer" aangesien daar uit foute geleer kan word.

#### ◆ Die bou van 'n selfbeeld

Die bou van 'n positiewe selfbeeld kan bereik word deur studente in suksesvolle aksies te betrek. Opregte lof wat deur studente verdien is, is motiverend. Waak teen kunsmatige en geforseerde komplimente, aangesien studente dit dadelik opmerk. Studente se selfbeeld groei vanweë betrokkenheid in die leefwêreld en as gevolg van waarde wat aan die student deur positiewe rolmodelle in die omgewing toegedig word (Woolfolk, 1998: 77).

## ◆ Die stel van doelwitte

Akkurate en realistiese doelwitte werk sukses en prestasie in die hand (Carlock, 1999: 99).

Fasiliteerders behoort studente te begelei om doelwitte te stel wat

- denkbaar;
- geloofwaardig;
- bereikbaar;
- kontroleerbaar;
- meetbaar;
- gewens;
- sonder 'n alternatief ; en
- fasiliterend vir groei sal wees (Canfield & Wells, 1994: 200-201).

Fasiliteerders behoort in 'n toenemende mate te onttrek, sodra studente hul gestelde doelwitte suksesvol bereik. Studente behoort doelwitte selfstandig te stel en te verwesenlik.

## ◆ Die kweking van 'n selfgeldingsdrang (assertiveness)

Die vermoë om selfgeldend op te tree, is 'n vaardigheid wat selfstandigheid en persoonlike verantwoordelikheid aanhelp. Branden (1994: 118-119) beweer:

*Self-assertion does not mean belligerence or inappropriate aggressiveness; it does not mean pushing to the front of the line or knocking other people over; it does not mean upholding my own rights while being blind or indifferent to everyone else's. It simply means the willingness to stand up for myself, to be who I am openly, to treat myself with respect in all human encounters.*

◆ Rolmodelle, ondersteuningsgroepe en eweknievoogdyskap (*peer tutoring*)

'n Konstante tema in die opvoeding van kultureel verskillende studente is die skep van positiewe rolmodelle (Coelho, 1998: 116). Persone wat as rolmodelle dien, verskaf voorbeelde van suksesstories uit 'n ryk geskakeerde versameling mense (insluitend iemand uit die student se bepaalde kultuurgroep). Rolmodelle verskaf voorbeelde van bekwaamheid en uitnemendheid wat bewonderenswaardig en navolgenswaardig vir studente is.

◆ Die ontwikkeling van verhoudings

Studente moet besef dat die skep en instandhouding van goeie verhoudings met ander persone belangrik in die daarstelling van 'n ondersteuningstelsel is. Buscaglia (1992: 23) verduidelik soos volg:

*When we are fulfilled in love, we can begin to feel a real sense of security, peace and contentment; one that does not fluctuate with the trends of the moment. A loving relationship gives us an inner wealth that outlives the greatest of external pleasures.*

Fasiliteerders wat selfvertroue en 'n liefde vir studente demonstreer, aktiveer liefde, handhawing, erkenning, selfekspresie en vryheid by studente. Om daarin te slaag, behoort die fasiliteerder

- inspirerend en entoesiasies op te tree;
- bewus van eie en studente se emosies te wees;
- empaties teenoor studente en kollegas op te tree;
- 'n positiewe gesindheid teenoor die lewe te openbaar;
- te glo dat sy/haar studente oor eindelose potensiaal beskik om emosionele probleme te bowe te kom; en
- 'n glimlag op die gesig te hê sodat studente kan sien dat hy/sy emosioneel gesond is en daarna strewe om dit met ander te deel (Hill, 1997: 141).

## 2.2 HOE WORD WISKUNDE GELEER?

### 2.2.1 Leerbenaderings in wiskunde

Leerbenaderings verwys na strategieë wat studente aanwend om 'n leeropdrag te bemeester en is bepalend vir die sukses of mislukking van die opdrag. Leerbenaderings word vanuit vier hoeke in die literatuur belig, naamlik persoonlike styl; inligtingprosesseringstyl, fenomenografiese teorieë en sisteemteorieë (Biggs, 1996: 381).

Vir die doel van die onderhawige studie gaan die volgende style baie oorsigtelik onder die loep geneem word.

#### 2.2.1.1 Persoonlike stylmodel

Hierdie stylmodel berus op stabiele, individuele eienskappe soos kognitiewe styl of leerstyl wat die aard van die leeruitkoms beïnvloed, en wat die spesifieke leerkonteks en die terrein van die inhoud transendeer. Bykans twintig verskillende leerstyle word in die literatuur binne hierdie een model bespreek en studente word as 'hoog' of 'laag' vir 'n bepaalde styl geklassifiseer, na mate aan die kriteria vir 'n styl voldoen word.

Riding en Cheema (1991:194) deel die style in twee hoofgroepe, naamlik holisties-analities en verbaliserende verbeelding.

#### 2.2.1.2 Inligtingprosesseringsmodel

Bogenoemde model berus op die veronderstelling dat leerstyle wat vanuit 'n behavioristiese benadering geassesseer word, waarskynlik meer bruikbaar is as leerstyle wat suiwer op persoonlikheid of kognisie berus (Schmeck, Ribich, & Ramanaiah, 1977: 413). Aanhangers van hierdie model stel belang in die doeltreffendheid waarmee basiese, kognitiewe strategieë aangewend en inligting korrek geprosesseer word. Vraelyste word aangewend om vas te stel wat die student se voorkeur ten opsigte van die inligtingprosesseringsmodel is. Kritici van hierdie model is van mening dat ontoereikende studievaardighede meestal met wanaanpassing (prosessering) tussen wiskundeleerstof (inligting) en die toepassing

daarvan verband hou. Die opheffing van hierdie wanaanpassing behoort binne die leerstofkonteks plaas te vind en nie deur middel van ander ingrype nie (Ramsden, Beswick & Bowden, 1986: 153).

#### 2.2.1.3 Fenomenografiese model

Die fenomenografiese model is baie goed in die literatuur oor volwasseleer nagevors. Marton en Säljö (1976: 4) se studie aangaande die oppervlakkige of dieptebenadering in die model het aangetoon dat die die leeruitkoms direk met die benadering verband hou. 'n Oppervlakkige benadering lei tot 'n oppervlakkige leeruitkoms en andersom. Die model berus op die student se persepsie van die inhoud en nie op die persepsie van die fasiliteerder nie.

In Marton en Säljö (1976: 5) se studie het studente akademiese artikels ontvang om te lees. Daarna is gelet op wat hulle kon weergee. Twee benaderings is gevolg. Studente wat wou verstaan wat die outeur bedoel (dieptebenadering), het op die kernaspekte van die artikels gefokus, in 'n poging om dit te verstaan. Die ander groep wou bloot in staat wees om die vrae wat sou volg, te beantwoord en het slegs feite gememoriseer (oppervlakbenadering).

Waar die fenomenografiese model gevolg word, word onderhoude en oop vrae aangewend om te bepaal of 'n oppervlakkige of dieptebenadering gebruik word. Daar bestaan nie 'n spesifieke meetinstrument vir die fenomenografiese model nie.

#### 2.2.1.4 Sisteemmodel

Volgens die sisteemmodel word persoonlike karaktereenskappe, kontekstuele faktore, die vlak van prosessering en die kwaliteit van die leeruitkoms as 'n sikliese stelsel gesien waarin individue hul intensies, na gelang van hul persepsie van die opdrag, aanpas (Biggs, 1993: 3). Studente tree tot 'n kursus toe met die oorkoepelende doel om te slaag of goeie punte te behaal. Studente beskik oor stabiele eienskappe, spesifieke vermoëns, kognitiewe style en gekose leerstyle. Na gelang van die student se vordering met die leerstof kan hy/sy aanpassings maak om by die eise wat gestel word, te pas. Drie verskillende style word onderskei, naamlik oppervlakte-, diepte- en prestasiebenadering.

Waar die oppervlaktebenadering gevolg word, doen studente die minimum ten einde te slaag. 'n Dieptebenadering daarenteen dui daarop dat studente probeer verstaan wat hulle leer en wat die onderliggende betekenis van die kennis is. Hulle wend strategieë aan wat by die eise van die opdrag pas, om die kennis te verwerf. 'n Prestasiebenadering dui op die egoversterkende uitwerking wat sigbare prestasie soos goeie punte teweegbring. In die prestasiebenadering val die klem op die erkenning wat deur goeie prestasie verkry word en studente organiseer tyd, plek en koste om die gewenste prestasie te behaal (Biggs, 1996: 383).

Vraelyste word ingespan om te bepaal watter styl binne die sisteemmodel gevolg word.

### 2.2.2 Leeromgewings

Die woord "leeromgewing" word in die onderhawige studie in die plek van "leermetodes" gebruik, aangesien die klem nie meer op die fasiliteerder en die onderrig val nie, maar op die student en die leer wat plaasvind. Wanneer daar op **leeromgewings** gefokus word, word drie ondersteunende funksies opgemerk. Daar is **deelname aan 'n diskoers, aktiwiteite** vind plaas en voorbeelde van werk word vir **assessering** voorgelê (Collins, Greeno, en Resnick, 1996: 389). 'n Bondige bespreking van die omgewings word vervolgens aangebied.

#### 2.2.2.1 Kommunikasieomgewing

In 'n kommunikasieomgewing neem studente aan die diskoers deel deur aktief doelwitte te stel, probleme te formuleer, betekenis te heg, inligting te versamel en te bespreek en kriteria vir sukses te definieer. Vier tipes kommunikasieomgewings kan onderskei word, naamlik:

- ◆ 'n omgewing waar **bespreking** aan die hand van bestudeerde inligting plaasvind (notas of video);
- ◆ 'n omgewing waar **argumente** en **teenargumente** aangewend word om 'n saak te bou en die alternatiewe voor te hou. Argumentering het 'n beperkte gebruik in die skoolomgewing;

- ◆ 'n **ondersoekende** omgewing (*inquiry environment*) wat dit ten doel het om studente aan te moedig om te dink en te verstaan. Vrae word deur die fasiliteerder gestel om die studente te begelei om by die plan of ontwerp van die oplossing uit te kom;
- ◆ 'n **ideëberaadomgewing** (*brainstorming environment*) wat oorheersend in die sakektor gebruik word, maar nog nie genoegsaam in skole of tersiêre instansies inslag vind nie. Die doel hiervan is dat die groepslede idees moet daarstel sonder om die idees te kritiseer. Deelnemers skaaf, herformuleer en sintetiseer hierdie idees deur middel van saamdinksessies. 'n Ideëberaadomgewing kan baie doeltreffend in tersiêre onderwys benut word.

Struikelblokke wat tydens kommunikasie in die leeromgewing voorkom, behoort verwyder te word. 'n Moontlike struikelblok is die studente en die fasiliteerder se uiteenlopende verwysingsraamwerke. Die studente en die fasiliteerder se verwysingsraamwerke behoort ooreen te stem, aangesien kodes en konsepte dan dieselfde betekenis sal hê. Indien verwysingsraamwerke verskil, bestaan die moontlikheid dat studente 'n ander betekenis aan die leerstof toedig as wat fasiliteerders bedoel het. Die betekenis van simbole behoort uitgeklaar te word, sodat die boodskap korrek oorgedra kan word (Walther-Thomas, Korinek, McLaughlin, & Toler, 2000: 92-95). Hierdie betekenisuitklaring is waarskynlik belangriker by wiskunde as by ander vakke.

#### 2.2.2.2 Kennisoordragsomgewing

Kennisoordrag was die hoeksteen van die tradisionele onderwysbenadering. Kennis is deur middel van lees, lesings en die gedrukte media oorgedra. Waar die kennisoordragsomgewing figureer, is lees waarskynlik een van die belangrikste wyses waarop kennis verkry word, en die leser bepaal die tempo waarteen die kennis verwerf word. Die bywoning van lesings is in die meeste tersiêre instansies 'n belangrike kennisoordragsgeleentheid. Die verskil tussen individuele lees en lesings is dat die tempo tydens lesings deur die aanbieder bepaal word en die inligting verbaal oorgedra word, terwyl die leser die tempo tydens individuele lees bepaal, en die inligting visueel van aard is.

### 2.2.2.3 Probleemoplossingsomgewing

Met die toenemende klem wat op die denkaktiwiteit gelê word (Collins *et al.*, 1996: 391), word verskillende probleemoplossingsomgewings geskep. Lave (1988: 37) wys daarop dat probleme in die meeste skoolvakke goed gedefinieerde probleme is, met bepaalde antwoorde en korrekte metodes om dit op te los. In wiskunde is probleme soms meer toepassingsgerig en meer oplossings is moontlik.

### 2.2.2.4 Opleidingsomgewing

Volwassenes bevind hulle in opleidingsomgewings met die doel om vaardighede wat hulle in 'n werksomgewing kan aanwend, te bemeester. Daar is drie tipes opleidingsomgewings wat op probleemoplossing fokus, naamlik geprogrammeerde instruksie (*programmed instruction*), tuiswerk en tutoriaalstelsels. In al drie gevalle is die hoofaktiwiteite drill, herhaling en oefening.

### 2.2.2.5 Uitvoeringsomgewing (*performance environment*)

'n Uitvoeringsomgewing impliseer 'n gehoor, en leer vind tydens die uitvoering (vertoning), sowel as die repetisies plaas (Collins *et al.*, 1996: 392). Uitvoeringsomgewings is adrenaliengedrewe en die opwinding werk motiverend op die deelnemers in. Kompetisies bring 'n nuwe dimensie na vore, want wen of verloor verskaf die finale kriteria vir beoordeling van die uitvoering, byvoorbeeld redenaarskompetisies. Hierdie omgewing is in 'n baie geringe mate by die leer van wiskunde ter sake, byvoorbeeld wiskunde-olimpiades.

### 2.2.2.6 Groepsomgewing

Die groepsomgewing maak vir drie tipes aktiwiteite voorsiening, naamlik individuele leer, probleemoplossing en besluitneming (Darkenwald, 1996: 397). Vir die doel van die onderhawige studie word daar op individuele leer en probleemoplossing gelet, met spesifieke verwysing na die kleingroepsituasie waar die inoefening van vaardighede gedoen word. 'n Belangrike eienskap van sulke groepe is die openlike uitruil van idees, gevoelens en gesindhede wat tot onderlinge leer lei.



Sowel affektiewe as kognitiewe leer vind in die volwasse groepsituasie plaas en die twee leervorme is gewoonlik vervleg. Hierdie situasie kom veral in besprekingsgroepe waar kognitiewe leer primêr plaasvind, voor, maar gepaardgaande met gesindhedsveranderings by die lede van die groep. Een bekende variasie op besprekingsgroepe is spesifiek op die wysiging van gesindhede en gedrag by die groepslede gerig. Kognitiewe leer vind steeds hier plaas, maar is bloot instrumenteel. Die doel hiervan is om voorafbepaalde gedragsdoelwitte na te streef. Hierdie tipe oefenklas kan as gesindhedsmanipulasie-oefeninge beskou word (Brookfield, 1985: 58).

Volgens Bormann (1975: 3) is 'n groepsbespreking een of meer byeenkomste van 'n klein groepie mense wat kommunikeer om 'n bepaalde doel te verwesenlik of 'n bepaalde uitkoms te bereik. Zander (1982: 30) is van mening dat dit nie noodwendig aanvaar kan word dat leer tydens groepsbesprekings plaasvind, omdat persone individuele ervarings het nie. Persone in die groep leer ook omdat hulle die idees en opinies van ander hoor. Volgens Zander (1982: 31) is die doelstellings van 'n groepsbespreking onder meer die volgende: 'n Groepsbespreking

- ◆ help lede om te ontdek wat hul nie weet nie, maar behoort te weet;
- ◆ bied die geleentheid om antwoorde op vrae te kry;
- ◆ bied lede die geleentheid om raad oor aangeleenthede wat hulle pla, te ontvang;
- ◆ bied die geleentheid om gedagtes te deel en sodoende insig te bekom;
- ◆ bied die geleentheid aan die lede om mekaar beter te leer ken; en
- ◆ bied 'n kans om komplekse konsepte, aangeleenthede of probleme te verduidelik, ten einde 'n grondiger begrip teweeg te bring.

#### 2.2.2.7 Ervaringsomgewing

In die eenvoudigste vorm verwys ervaringsleer na "*learning by doing*" (Paul, 1996: 394). Volgelinge van die benadering glo dat daar 'n verskuiwing weg van die oormatige beklemtoning van die kognitiewe, na die holisties-humanitêre benadering van menslike ontwikkeling moet plaasvind. Die nodigheid van koste-effektiwiteit en buigsaamheid in aanbiedingstyl vir die opleiding van volwassenes, is ook raakgesien.

Een van die bekendste modelle vir ervaringsleer is deur Kolb (1984: 21) geskep en word in vier stadia voorgestel. In die eerste stadium ondergaan die student 'n konkrete, persoonlike ervaring. In die tweede stadium bedink en ondersoek die student die ervaring. Derdens formuleer die student veralgemenings en abstrakte konsepte aangaande die ervaring en laastens toets die student die kennis in nuwe situasies. Studente het unieke leerstyle en een persoon kan selfs verskillende style vir verskillende take hê. Die feit dat Kolb se model so aanpasbaar is, maak hierdie model baie gesog, aangesien studente in enige stadium die siklus kan betree.

#### 2.2.2.8 Projekgeoriënteerde omgewing (POL)

In 'n projekgeoriënteerde omgewing verskuif die klem van spesifieke vakke na die voltooiing van 'n projek, wat verskillende vakke se inhoud integreer. Die projek word deur 'n groep binne 'n bepaalde tyd voltooi. Die rolle van die voorsitter, sekretaris en notaris word weekliks roteer (Coetzee, 2002). Assessering van die projek vind plaas wanneer die groep dit aan 'n paneel voordra.

#### 2.2.2.9 Probleemgebaseerde omgewing (PBL)

In die probleemgebaseerde benadering word daar ook in groepies gewerk om 'n voorafgestelde probleem op te los. Algoritmes word nie onderrig nie, want daar word geglo dat kennis verwerf en nie ontvang moet word nie (Maree, 1995: 68). Wood, Cobb en Yackel (1995: 409) stel voor dat studente in klein groepies saamwerk en hul eie metodes ter oplossing van die probleem ontwikkel. Dit moet deur 'n klasbespreking opgevolg word. Moontlike nadele van die probleemgebaseerde benadering is dat

- ◆ studente oënskynlik stadiger vorder en lomp metodes gebruik (Van Tonder, 2000: 26);
- ◆ algoritmes te laat ingevoer word (Vosloo, 1994: 113);
- ◆ sommige vaardighede, soos die aanleer van tafels, onvoldoende aandag kry (Vosloo, 1994: 113);
- ◆ sekere rekenstrategieë buite konteks aangeleer word (Vosloo, 1994: 113); en
- ◆ ouers nie weet hoe om hul kinders te help nie.

## 2.2.2.10 Aksieleeromgewing

Volgens Zuber-Skerritt (2000b: 17) is aksieleer

*learning from concrete experience and critical reflection on that experience – through group discussion, trial and error, discovery and learning from and with each other. It is a process by which groups of people (whether managers, academics, teachers, students, or 'learners' generally) adress actual workplace issues or problems, in complex situations and conditions.*

Volgens Zuber-Skerritt (2000b: 23) is die uitkomst van 'n aksieleerprogram

- ◆ verbeterde, strategiese denkvermoëns;
- ◆ begrip vir veranderings- en groepsprosesse;
- ◆ verbeterde begrip vir die onderdele van die geheelbeeld;
- ◆ die ontwikkeling van nuwe vaardighede;
- ◆ idees vir toekomstige projekte en programme;
- ◆ 'n konkrete voordeel vir die groep/organisasie; en
- ◆ hoë, bewese dividende op die belegging.

## 2.2.2.11 Leeromgewings: Sintese

Die hoekstene van enige leeromgewing is deelname aan 'n diskoers en aktiwiteite en voorlegging van werk vir assessering. In die tradisionele benadering was die klem op lees, lesings, probleemoplossing, inoefening, tuiswerk en toetsing. In die latere konstruktivistiese benadering het verskuiwings plaasgevind. Tans sluit die leeromgewing meer van die eienskappe van die beroepsomgewing in, naamlik gedeelde bewustheid, instrumentmanipulasie en gekontekstualiseerde redenering (Collins, *et al.* 1996: 392).

### 2.2.3 Relevante leerteorieë

In hierdie gedeelte word op die moontlike invloed en belang gefokus wat sommige leerteorieë het. Die impak van tutoriale in eerstejaarswiskunde word belig.

'n Teorie word beskryf as

- ◆ 'n stel idees wat iets verduidelik (Crowther, 1995: 1446); of
- ◆ 'n stel beginsels (Smit, 1995: 3).

Leerteorieë kan nie verabsoluteer word nie, aangesien dit bloot 'n verwysingsraamwerk verskaf waarbinne die navorser 'n ondersoek uitvoer. In hierdie gedeelte word sommige van die tradisionele teorieë wat op die onderhawige studie betrekking het, oorsigtelik onder die loep geneem.

#### 2.2.3.1 Behaviorisme

Maree (1997b: 27) definieer behaviorisme as die denkskool wat poog om menslike gedrag (redelik volledig) as die reaksie op 'n eksterne stimulus te beskryf. Volgens hierdie denkskool is dit moontlik om kennis onveranderd van een persoon na 'n ander oor te dra, omdat studente 'leeg' en ontvanklik is: 'n *tabula rasa*.

Volgens Knowles (1990: 147) is "om te leer" dieselfde as "om te verander" en die algemeenste verduideliking van leer vind met behulp van die **S (stimulus) en R (reaksie)-model** of een of ander variasie van die genoemde model plaas.

Twee aspekte van die behavioristiese benadering het op hierdie studie betrekking, naamlik die **S-R-model**, en leer deur middel van die **probeer-en-tref-beginsel** (*trial and error*). Die **S-R-model** skiet te kort as dit by komplekse vakinhoud en volwasse studente kom. Die verskillende vlakke van studente se persoons groei en voorkennis lei tot veranderlikes wat nie geïgnoreer kan word nie. Knowles (1990: 147) het 'n tussenveranderlike bygevoeg en die **persoon (O)** het die model tot die **S-O-R-model** gewysig. Die totale student met alle aspekte van menslike leer, is hier ter sprake.

In die onderhawige studie<sup>1</sup>, word leer deur tutoriale in kleingroepverband gefasiliteer. Aanklank word onder meer by die **S-O-R-model** gevind waar die oefenvel met probleme as die stimulus gesien word en die student se uitgewerkte antwoordvel, wat in 'n portefeulje geberg word, as die reaksie. Die **O** wys daarop dat elke student aktief betrokke behoort te wees.

Thorndike was die argitek van die **probeer-en-tref**-metode na aanleiding van diereksperimente wat hy uitgevoer het. Die volgende eksperiment beskryf die probeer-en-tref-teorie die beste: 'n Kat word in 'n klein houtkassie geplaas. Die verbouereerde diertjie krap verward rond, totdat die kassie toevallig oopgaan. Indien hierdie aksie herhaaldelik plaasvind, slaag die kat gouer daarin om die valdeur te open (indien dit net die gekrap is wat beloon word). Volgens Thorndike verkry die kat nie insig voordat daarin geslaag word om die kassie oop te maak nie. Die eksperiment lei Thorndike (1913: 4) tot die volgende slotsom:

*When a modifiable connection between a situation and a response is made and is accompanied or followed by a satisfying state of affairs, that connection's strength is increased: when made and accompanied or followed by an annoying state of affairs, its strength is decreased.*

'n Prominente eienskap van die metode is die "inprop van verbindings" (*stamping in*) in die senustelsel sonder enige insig (Steyn, 1998: 43). Die betekenis van **probeer-en-tref** vir die onderhawige studie is geleë in die feit dat studente uit mekaar se foute (tydens die tutoriaalklasse) kan leer. Probeer-en-tref kan dus met groot sukses beoefen word, aangesien foutiewe pogings nie as "nutteloos" beskou word nie. Die tutoriaalklasse is aanvullend tot lesings, en die navorser stem met Steyn (1998: 44) saam dat beplanning vir die tutoriaalklasse betrokke is en foute geïnterpreteer word. Die model kan dus as "beplande probeer" en "geïnterpreteerde tref" (of mis) beskou word.

<sup>1</sup> Die gebruik van teksraampies impliseer dat die inhoud van hierdie raampies spesifiek op die onderhawige studie betrekking het.

## 2.2.3.2 Neobehaviorisme

Gagné, Briggs en Wager (1992: 6) beweer die volgende:

*Changes in the behaviour of human beings and in their capabilities for particular behaviour take place following their experience within certain identifiable situations. These situations stimulate the individual in such a way as to bring about the changes in behaviour. The process that makes such change happen is called learning.*

Gagné *et al.* (1992: 43-48) beskryf vyf faktore tydens leer. Die faktore is die volgende:

- ◆ **intellektuele vaardighede** wat die individu in staat stel om met die omgewing in wisselwerking te tree. Intellektuele vaardighede dui op kennis by die student en die vermoë om dit aan te wend.
- ◆ **kognitiewe strategieë** wat gesien word as die student se vermoë om te leer, te memoriseer en te dink;
- ◆ **verbale inligting** wat die student in onveranderde formaat, as 'n uittreksel of in opsommende vorm, kan herroep;
- ◆ **motoriese vaardighede** wat na basiese fisiese vaardighede verwys;
- ◆ **gesindhede** wat blywende standpunte, wat hul keuses beïnvloed, by studente beskryf.

Gagné klassifiseer alle leer as hiërargies, van maklik tot moeilik. Hiërargiese klassifisering is 'n kenmerk wat in die onderhawige studie, tydens die tutoriale teenwoordig is, aangesien die probleemvulle gestruktureer word met probleme wat in moeilikheidsgraad toeneem. Die doel hiervan is onder meer om die studente se selfvertroue te bou en hulle nie onmiddellik af te skrik nie.

## 2.2.3.3 Konneksionisme

Thorndike het deur middel van sy diere-eksperimente vasgestel dat gewoontevorming 'n belangrike aspek vir die leer van wiskunde uitmaak. Maree (1997b: 35) lys die volgende konneksionismewette wat deur Thorndike geformuleer is:

- ◆ **Gebruik** dui aan dat herhaling die assosiasie of konneksie versterk. Versterking en herhaling is deel van effektiewe leer.
- ◆ **Effek** toon aan dat die sterkte van die assosiasie deur die gewildheid van die assosiasie bepaal word. Beloning het 'n sterker effek as straf.
- ◆ **Gereedheid** bepaal dat studente meer genot uit iets put wanneer hulle gereed voel om dit te doen en die leerervaring versterk. Wanneer studente nie gereed voel nie, sal dit tot ongewildheid van die assosiasie lei en die leeruitkoms waarskynlik negatief beïnvloed.

Die tutoriaalbenadering wend onder meer al bogenoemde wette aan, aangesien die oefeninge herhaling van werk is wat in die lesings gedoen is. Die studente kry die geleentheid om hul oplossings op die bord te skryf en hulle voel trots indien dit korrek is (effek). Die tutoriaalklas is baie informeel en word in klein groepies deur 'n student aangebied. Die moontlikheid bestaan dat die kleingroepsituasie studente meer "gereed" vir leer laat voel as wanneer hulle in die lesingsaal is, aangesien die tutoriaalklas meer genotvol is.

#### 2.2.3.4 Kognitiewe ontwikkeling

Navorsers het in die sewentigerjare pogings aangewend om betekenisvolle konseptuele leer van wiskunde in die plek van "papegaaileer" ingestel te kry. Nuwe ontwikkelinge in die sielkunde, veral op die terrein van die kognitiewe sielkunde, aangewakker deur die werke van Köhler, Koffka, Ausubel en Wertheimer (Maree, 1997b: 37), het die proses versnel.

Köhler sien insigryke leer as die samevoeging van 'n geheel, wat uit dele saamgestel is (Maree, 1997b: 39). Köhler verduidelik dat aspekte van leer, insluitend emosies, produksie, gesindheid, dryfkrag, denke en dade onderskeibare fasette van 'n "*gestalt*"-teorie is. Hierdie fasette kan nie in isolasie beskou word nie, maar verkry juis betekenis binne die "geheel" of word deur die geheel medebepaal. Studente moet begelei word om uit die dele die assosiasie te maak en sodoende by die geheel uit te kom. Nuwe insigte lei daartoe dat studente nuwe probleme kan oplos deur voorkennis aan te wend.

Ausubel (1963) glo dat kognitiewe ontwikkeling effektief plaasvind wanneer die student 'n visuele beeld van die voorwerp kan maak. Die student se vermoë om nuwe konsepte met insigte en konsepte wat reeds bemeester is te verbind, is beklemtoon. Voorkennis en die bestaande kognitiewe struktuur waarvoor 'n student beskik, was vir Ausubel belangrik.

Hoewel Ausubel die affektiewe aspek van leer uit die oog verloor het, het hy steeds 'n belangrike bydrae gelewer deur te beklemtoon dat basiese grondbeginsels behoorlik bemeester moet word, alvorens daar met die meer komplekse voortgegaan kan word (Maree, 1997b: 41).

Struikelblokke en waninterpretasies in die voorkennis van die studente word maklik in die tutoriaalklas raakgesien. Struikelblokke en waninterpretasies kan reggestel en aangevul word, aangesien die groep klein is.

Die klem wat Bruner (1964: 4) op voorkennis en konsentrasie plaas, word algemeen aanvaar. Maree (1997b: 43) som die kern van Bruner se siening aangaande die herroeping van voorkennis so op:

*If learners have not concentrated or if they have inadequately mastered certain aspects of mathematics, or if the necessary precognition is lacking, the necessary knowledge cannot be withdrawn from the long-term memory. In such a case the short-term memory is overloaded with irrelevant or even faulty information (that is stored in the long-term memory).*

Vygotsky (1962: 8) beweer dat aandag aan die affektiewe en die intellek in eenvoudige, sowel as in moeilike probleme geskenk behoort te word. Vygotsky beweer voorts dat probleemoplossing suksesvol plaasvind wanneer persoonlike eienskappe soos motivering en ambisie met kognitiewe strategieë geïntegreer word. In die verband beweer Vygotsky (1962: 8) die volgende:

*Their separation ... is a major weakness of traditional psychology since it makes the thought process appear as an autonomous flow of “thoughts thinking themselves”, segregated from the fullness of life, from the personal needs and interests, the inclination and impulses of the thinker.*

Vygotski (1978: 86) se idee van 'n sone van **proksimale ontwikkeling** word wyd aanvaar en gerespekteer en Vygotski definieer die sone soos volg:



*It is the distance between the actual development level as determined by independant problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers.*

Vygotski (1978: 87) beklemtoon dat kulturele betekenis deur goeie onderrig verwerf word, en met persoonlike betekenis vermeng behoort te word. Studente se verworwe ontwikkelingsvlak konstitueer hul kognitiewe ontwikkeling op 'n retrospektiewe vlak, terwyl studente se proksimale ontwikkeling op 'n potensieel bereikbare kognitiewe vlak dui.

Met betrekking tot assessering, impliseer Vygotski se sone van proksimale ontwikkeling dat

- ◆ studente se aanvanklike ontwikkelingsvlak gemeet behoort te word om die sone van proksimale ontwikkeling te kan vasstel;
- ◆ studente begelei behoort te word om take af te handel; en
- ◆ assessering dinamies in die onderrigsituasie ingebou behoort te word (De Corte, 1990: 248).

In die onderhawige studie is studente se aanvanklike studieoriëntasie in wiskunde gemeet en is studente begelei om take af te handel. Assessering is in die onderrigsituasie ingebou deur onder meer van portefeuljeassessering gebruik te maak. Portefeuljeassessering kon nie optimaal benut word nie, aangesien die kontrolegroep nie portefeuljes saamgestel het nie.

#### 2.2.3.5 Inligtingprosesseringsmodel

Daar bestaan verskeie benaderings in die inligtingprosesseringsmodelle. Volgens McShane (1991: 8) kan onder andere *communications theory... the theory of computations... artificial intelligence... and linguistics*, as bydraende faktore vir die ontwikkeling van hierdie model beskou word.

Die kern van die inligtingprosesseringsmodel berus op die siening van die transformasie van inligting, of die berging, prosessering en moontlike herroeping daarvan. Daar word onderskeid getref tussen die korttermyngeheue (waar inligting tydelik geberg word om onmiddellik beskikbaar te wees) en die langtermyngeheue (waar inligting permanent geberg word). Nuwe inligting word by die bestaande inligting geïnkorporeer. In wiskunde is 'n deeglik gestruktureerde kennis van die vak nodig om kennis suksesvol te kan herroep (Maree, 1997b: 52). Daar bestaan drie kriteria vir die doelmatige struktuurering van wiskunde, naamlik:

- ◆ Die **ooreenstemming** (*correspondence*) wat tussen 'n student se visuele beeld en die korrekte wiskundige konsep, bestaan (Resnick & Ford, 1981: 235).
- ◆ Die **integrasie** wat die graad van die onderlinge verband tussen konsepte binne 'n bepaalde wiskundeveld, definieer (Resnick & Ford, 1981: 235).
- ◆ Die **samehang** wat die kennis in een wiskundeveld (algebra) met 'n ander wiskundeveld (meetkunde), in verband bring (Maree, 1997b: 53).

Die inligtingprosesseringsmodel word met sukses vir probleemoplossing aangewend, en Maree (1997b: 57) lewer soos volg kommentaar:

*The activities “learning” and “remembering” are caused by internal processes (that are influenced by the external organisation of stimuli). Executive management or control of these processes is brought about by learners as well as their memory content.*

Metaleer vind binne die inligtingprosesseringsmodel plaas. Lippert (1987: 275) definieer metakognisie as kennis aangaande kennis, sowel as kennis aangaande persoonsfunksies. Sy gaan van die standpunt uit dat probleemoplossing ernstig benadeel word indien studente nie strategiese kennisstrategieë funksioneel aanwend nie. Sy bepleit die opbou van 'n volledige kennisbasis in wiskunde wat 'n effektiewe studiebenadering impliseer. Die volgende faktore maak deel daarvan uit:

- ◆ kritiese denke deur middel van analise, sintese en evaluering;
- ◆ integrasie van verskillende kennisvelde;
- ◆ "voorwaardelike" denke, waar studente nie net dink aan **wat**, **wanneer** en **hoe** nie, maar ook aan **waar** en **hoekom**;
- ◆ besluitneming wat aangemoedig word deur blootstelling aan waarskynlikheidsrekenen en deur kwalitatiewe en kwantitatiewe bewyse aangevul word;
- ◆ ontdekking van verhoudings, patrone en korrelasies;
- ◆ probleemoplossing as persoonlike individuele aktiwiteit, maar ook die skep van nuwe probleme;
- ◆ kwalitatiewe redenering in plaas van raaiwerk.

#### 2.2.3.6 Konstruktiewisme

Maree (1997b: 59-62) verskaf 'n volledige beskrywing van Piaget se leerteorie wat op ontwikkelende prosedures en studente se kognitiewe ontwikkelingsstadiums berus. Maree (1997b: 62) som Piaget se bydrae op deur te meld dat Piaget nie kennis as 'n voorafbepaalde ontvouingsproses gesien het nie. Volgens Piaget het kennis en intelligensie nie hul oorsprong in die student of in die omgewing nie, maar in 'n interaksie tussen die twee.

Maree (1997b: 62) wys ooreenkomste tussen Piaget en die “*gestalt*”-siening uit. Maree (1997b: 62) beskryf Piaget se siening oor die verskil tussen die twee benaderings soos volg:

*Terwyl die gestalt-siening met 'n gestruktureerde stelsel werk, werk hy (Piaget) met 'n struktureerende stelsel.*

Volgens Maree (1997b: 62) beklemtoon Piaget die waarde van sosiale interaksie om onder meer egosentrisme by studente teë te werk, asook om die vaardighede van bespreking en konsensus by studente te kweek.

Piaget (1971: 44) is daarvan oortuig dat sekere studente 'n aanleg vir wiskunde het en ander nie. Volgens hom vereis die tegniese taal (in simbole) van wiskunde dat studente 'n goeie

begrip van daardie taal moet hê. Wiskunde bevat vele verbindings tussen feite, en studente wat sekere skakels in die ketting verloor, sal in gebreke bly om dit te verstaan of toe te pas.

Piaget (1971) se navorsing het 'n betekenisvolle bydrae tot die vestiging van moderne konstruktivistiese standpunte gelewer. Volmink (1993: 33-34) definieer **moderne konstruktivisme** soos volg:

*Loosely defined, constructivism is a theory about how we construct our knowledge as active participants rather than receive knowledge as passive recipients. One of the perspectives that a constructivist paradigm provides, is a strong commitment to encourage students to realise that they live in a world constituted by their own experience and that they therefore should take charge of their own learning experiences.*

Volgens Maree (1997b: 63) omvat konstruktivisme onder meer die volgende kenmerke:

- ◆ Kennis word nie passief ontvang nie.
- ◆ Studente is aktiewe deelnemers aan die leerproses.
- ◆ Assimilasie is die proses waar nuwe, maar herkenbare idees aangetref word en direk by voorkennis ingeskakel word om sodoende 'n uitgebreide basis daar te stel.
- ◆ Akkommodasie verwys na die proses waar die skema van voorkennis nie die nuwe idee kan huisves nie en dan vind 'n herorganisasie plaas waarin die bestaande strukture as 'n komponent van die nuwe struktuur bly bestaan.
- ◆ Konsolidasie is die proses waarin studente voordurend die skemas waaroor hul beskik, rangskik en groepeer om sodoende gemaklik met nuwe konsepte te kan handel.
- ◆ Verbalisering verwys na die uitspreek van skemas wat moet konsolideer.
- ◆ Die sosiale konstruktivisme
  - fokus op kommunikasie tussen studente;
  - is groepsgebaseerd en prosesgeoriënteerd; en
  - veronderstel 'n probleemoplossende en ondersoekende benadering.

- ◆ Die konstruktivistiese leerstyle is op die verstaan van die inhoud gemik, in teenstelling met die behavioriste wat oefen en drill voorhou.
- ◆ Studente behoort hul eie leerervarings te bestuur.
- ◆ Studente bou hul eie wêreld deur die ondervindings wat hul opdoen.
- ◆ Ervaringsonderrig, metaleer en probleemoplossing is sleutelaspekte van die konstruktivistiese leersituasie.
- ◆ Leer moet deur middel van verskillende onderrigbenaderings gefasiliteer word.

Groepwerk speel 'n sentrale rol in die konstruktivistiese benadering en klein, goed-toegeruste lokale is 'n vereiste. In Suid-Afrika is klein of goedtoegeruste lokale nie altyd beskikbaar nie (Volmink, 1993: 34).

Studente kan net in 'n beperkte mate wiskunde onafhanklik van die fasiliteerder leer. Maree (1995: 68) definieer die rol van konstruktivisme op die volgende wyse:

*Die probleemoplossingsbenadering, probleemgesentreerde leer, (sosiale konstruktivisme, leerlingbetrokkenheid waartydens leerlinge hul eie algoritmes of standaardstrategieë om probleme op te los, ontdek, "konstrueer" of vorm, is baie aanvaarbaar – as een benadering, een manier om wiskundige "waarheid" te ontdek, in kombinasie met ander benaderings.*

Die tutoriaalbenadering wat in die onderhawige studie gevolg word, vind sterk aanklank by die (sosiale) konstruktivisme. Sowel groepwerk as aktiewe deelname deur studente, sosiale interaksie, verbalisering van die wiskundetaal en die opdoen van persoonlike ondervinding, speel 'n belangrike rol in wiskundige probleemoplossing.

### 2.2.3.7 Probleemgesentreerde benadering tot wiskundeonderrig en -leer

Die probleemgesentreerde benadering tot wiskundeleer het wye reaksie in Suid-Afrika uitgelok. Sommige wiskundiges glo onwrikbaar in die sukses van die probleemgesentreerde benadering, terwyl ander vele besware opper (Maree, 1995: 70). Die probleemsentreringsmetode beteken nie dat studente nou "nuwe wiskunde" leer nie, maar

dui eerder op 'n spesifieke benadering in die leer van wiskunde. Die benadering beoog in hooftrekke om

- ◆ kennis meer doeltreffend te behou;
- ◆ verbeterde integrasie tussen bestaande en nuwe kennis te bewerkstellig;
- ◆ verhoogde belangstelling deur middel van lewensgetroue probleme te wek;
- ◆ selfgerigte leer aan te moedig; en
- ◆ lewenslange leer te inisieer (Norman & Schmidt, 1992: 557).

Probleemgesentreerde onderwys rus op die volgende pilare:

- ◆ ontwikkeling van getalsbegrip;
- ◆ woordprobleme;
- ◆ sosiale interaksie;
- ◆ studentaktiwiteite;
- ◆ leer deur middel van ontdekking (Maree, 2002b: 200).

Die kern van die benadering berus op die aanname dat studente optimaal leer, wanneer hulle

- ◆ standpunte en menings met ander studente of met die fasiliteerder kan deel;
- ◆ wiskunde verduidelik of na verduidelikings van ander studente luister;
- ◆ ontdek dat dit elkeen se reg is om foute te maak;
- ◆ lewensgetroue probleme oplos;
- ◆ "doen" in plaas van bloot "luister";
- ◆ toegelaat word om in groepe saam te werk; en
- ◆ wiskunde bemeester en leer, omdat dit sinvol is. (Maree, 2002b: 201).

Maree (1995: 69) wys daarop dat hierdie benadering studente die geleentheid bied om self denkpatrone op te stel waarmee probleme opgelos behoort te word. Die skepping van

denkpatrone was in die tradisionele benadering afwesig. Maree wys verder daarop dat die twee benaderings nie empiries vergelykbaar is nie, omdat verskillende uitkomst nagestreef word.

Murray, Olivier en Human (1993: 193) beweer die volgende aangaande die probleemgesentreerde benadering:

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

Mayer (1982: 68-82) voer aan dat die tradisionele beskouing impliseer dat taal, kwantitatiewe kennis en rekenkundige vaardighede vir probleemoplossing in wiskunde nodig is. Mayer glo verder dat die volgende tipes kennis bydraend op probleemoplossing inwerk, naamlik:

- ◆ linguistiese en feitelike kennis;
- ◆ algoritmiese kennis;
- ◆ skematiese kennis;
- ◆ strategiese kennis.

Schoenfeld (1985: 21) onderskei die volgende stappe in sy probleemoplossingstrategie:

- ◆ Begryp die probleem.
- ◆ Ontwerp 'n plan om die probleem op te los.
- ◆ Omskep die probleem in 'n roetinetaak.
- ◆ Voer die plan uit.
- ◆ Toets die oplossing.

Probleemoplossingstrategieë kan as 'n kognitiewe onderneming gesien word wat aktiewe deelname en betrokkenheid van die student vereis. Studente moet voortdurend by die probleem aanpas deur die geskikte oplossingstrategie te selekteer, toe te pas en te evalueer (Maree, 1997b: 73).

Die betekenis van "probleemoplossing" vir die onderhawige studie is beduidend, aangesien probleemoplossing die grootste deel van die tutoriaalprogram beslaan. Studente kry 'n geleentheid om mekaar se oplossings te assesseer.

#### 2.2.4 Volwasseleer

Die pionier van volwasseleer, Knowles (1981), het 'n aantal kenmerke van volwassenes geïdentifiseer. Hodgkinson (1998: 78) verwoord dit deur aan te toon dat volwassenes beskik oor

- ◆ versamelde kennis; en
- ◆ lewenservaring wat
  - werksaktiwiteite;
  - familieverantwoordelikhede en
  - vorige opleiding/onderwys insluit.

Hierdie basis van voorkennis en ervarings moet met die nuwe inligting en ondervindings geïntegreer word. Rogers (1989:52) voer aan dat die besontwerpte volwasseleersituasie poog om op al die voordele van die student se voorkennis te bou en die nadele van die voorkennis tot die minimum te beperk.

Die belang van voorgenoemde vir die onderhawige studie, is dat die tutor en groepslede (tydens die tutoriaalklas) studente met gebrekkige voorkennis begelei. Sodoende word die gebrekkige voorkennis in 'n positiewe situasie omskep. Die studente bemeester nie slegs voorkennis nie, maar verkry meer selfvertroue om sodoende nuwe uitdagings aan te pak



Volgens Knowles (1990: 54-63) is die volgende ses aspekte in volwasseleer teenwoordig:

**Tabel 2.3: Knowles se beskouing van die volwasseleersituasie**

Aanname	Volwasseleer <sup>2</sup>
1 Die behoefte aan kennis	Volwassenes wil 'n rede hê om iets te leer, anders leer hul dit nie. Die fasiliteerder moet studente begelei om die behoefte, asook die gaping in hul eie kennis raak te sien.
2 Selfbeskouing van studente	Volwassenes het die insig om te weet dat hulle vir hul eie besluite verantwoordelik is.
3 Die rol van ondervinding	Volwassenes betree die onderrigsituasie met baie ondervindings wat 'n wye verskeidenheid individuele verskille impliseer. Dit vereis: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ individualisering van die onderrigstyle;</li> <li>◆ groter klem op ervaringsonderwys;</li> <li>◆ erkenning van vorige ondervinding en 'n verbeterde selfidentiteit.</li> </ul>
4 Leergereedheid	Volwassenes is gereed om dit wat hulle effektief in realiteit moet baasraak, te leer
5 Leeroriëntasie	Volwassenes is taak- en probleemgesentreerd.
6 Motivering	Volwassenes reageer op sekere eksterne motiverings, naamlik 'n beter betrekking of salaris. Die kragtigste motivering vir volwassenes is egter interne druk, byvoorbeeld verbeterde lewenskwaliteit, werksbevreëdiging en eiewaarde.

Uit Steyn (1998: 59-60) aangepas

Hodgkinson (1998: 79) som die redes vir die integrasie van voorkennis met nuwe inhoud op as die:

- ◆ integrasie en internalisering van nuwe kennis;
- ◆ kennisoordrag na nuwe situasies;
- ◆ beklemtoning van gapings in die kennisbasis;
- ◆ tydsbesparing deur nie weer "bekende" inhoud te doseer nie.

Hodgkinson (1998: 80) voer aan dat die beginsels van volwasseleer soos volg beskou kan word:

<sup>2</sup> Die sielkundige definisie van volwassenheid vanuit die oogpunt van leer, is relevant: 'n begrip van verantwoordelik wees vir eie lewe en om selfgerig te wees (Steyn, 1998: 59).

◆ doelwit-of taakgeoriënteerdheid;

Volwasse studente het 'n taakgeoriënteerde benadering. Lieb (1998: 1) stel hierdie taakoriëntasie soos volg:

*Upon enrolling in a course, they usually know what goal they want to obtain. They therefore appreciate an educational program that is organised and has clear-defined elements. Instructors must show participants how this class will help them attain their goals.*

◆ probleemgesentreerdheid of relevansiegeoriënteerdheid;

Die meeste volwasse studente is gemotiveerd om vaardighede wat in die werksomgewing van toepassing is, aan te leer. Rogers (1989: 48) stel in dié verband die volgende voor:

*As a tutor, the nearer you can make the learning to the 'real' world, the more acceptable it will be and therefore the more quickly and effectively your students will learn. The obverse is true: offer adults learning that they consider irrelevant and they may well become 'sulky' and difficult.*

◆ selfgerigte oriëntasie.

Volwassenes bestuur graag hul eie leersituasie en selfgerigte oriëntasie vind dus groot byval by volwasse studente. Zemke en Zemke (1984: 1) het belangrike waarnemings met betrekking tot die volwasseleersituasie gemaak, naamlik dat selfgerigte leer

- nie geïsoleerdheid beteken nie, aangesien studente steeds in groepe aan aktiwiteite deelneem (lesings, opdragte of tutoriale);
- boeke, rekenaargesteunde onderrig en televisie as deel van die volwassene se selfgerigte benadering insluit; en
- die gewone "hoe-om-te-benadering" (*how-to*) steeds as die voorkeurmethode vir kennisverwerwing volg.

Menslike leer kan nie in 'n enkele definisie vervat word nie, aangesien elke mens uniek is. Menslike leer behels baie meer as bloot die fisiese, funksionele, sielkundige, ontwikkelende en sosiale aspekte van die individu (Steyn, 1998: 68). Die eerstejaarstudent in die vroeë 2000's is 'n ontwikkelende student, wat nóg kind, nóg volwassene, in 'n tegnologiese omgewing is. Leerfasilitering wat alleenlik op die beginsels berus wat in die tradisionele leerteorieë vervat is, is waarskynlik ontoereikend in 'n holistiese benadering waar die student as 'n aktiewe, kreatiewe, rasonale en emosionele wese wat in sy/haar eie sosiale omgewing betrokke is, beskou word.

### 2.3 HOE WORD WISKUNDELEER GEFASILITEER?

Crowther (1995: 414) definieer die term "fasilitering" as die "vergemakliking van 'n aksie of 'n proses". Gove (1976: 812) gee dieselfde definisie, maar voeg by dat dit "bystand of hulp" impliseer. Onderrig word deur (Gove, 1976: 1172) as die "aanbieding van kennis of inligting" gedefinieer. Die verskil tussen die twee terme blyk duidelik.

Rogers (in Knowles, 1990) was reeds in die sestigerjare van mening dat die primêre doelwit van onderrig die fasilitering van leer behoort te wees. Rogers het die volgende riglyne vir die fasilitering van leer daargestel, wat op die onderhawige studie betrekking het:

- ◆ Die fasiliteerder skep die aanvangsatmosfeer en leerklimaat vir die groep.
- ◆ Die fasiliteerder kan individuele studente se motiveringskrag aanwend om betekenisvolle leer te fasiliteer.
- ◆ Sodra die leeromgewing toereikend gestabiliseer is, word die fasiliteerder toenemend 'n deelnemende student (Knowles, 1990: 54-63).

'n Opvoedkundige behoort in die daarstelling van 'n effektiewe leeromgewing

- ◆ sensitief vir eksterne en interne magte wat struikelblokke vir leer vorm, te wees;
- ◆ sensitief toe te sien dat besluitneming in almal se belang is;

- ◆ persoonlike en interpersoonlike vaardighede aan te leer om sodoende die struikelblokke in die leeromgewing te elimineer;
- ◆ die balans tussen taakgesentreerdheid en die instandhouding van verhoudinge met almal in die groep te kan handhaaf; en
- ◆ 'n gepaste leierskap- en bestuurstyl toe te pas, ten einde die struikelblokke in die onderwysproses te elimineer (Donald, Lazarus, & Lolwana, 1997: 92).

Chickering en Gamson (in Cross, 1998) formuleer sewe beginsels vir voorgraadse onderwys. Die beginsels word vir die doel van hierdie studie bloot gelys en nie bespreek nie. Die sewe beginsels (in Cross, 1998: 6) lui soos volg:

- ◆ Moedig kontak tussen studente en die fakulteit aan.
- ◆ Bevorder samewerking tussen studente.
- ◆ Moedig aktiewe leer aan.
- ◆ Gee spoedige terugvoering.
- ◆ Beklemtoon tydsbestuur.
- ◆ Kommunikeer hoë verwagtinge.
- ◆ Respekteer 'n verskeidenheid talente en leerstyle.

In die onderhawige studie word hierdie beginsels ondersteun en die toepassing van die beginsels sal in die loop van die verhandeling duidelik word.

Du Plessis, Bouwer en Eloff (2002: 72) is van mening dat fasiliteerders ernstig oor maniere moet besin om 'n effektiewe leeromgewing daar te stel, aangesien almal deur die leeromgewing bevoordeel moet word. Die leuse *education for all* moet letterlik beteken dat die leeromgewing vir almal in die leersituasie voordelig is.

Bennett (1986: 116) reken dat fasiliteerders sukses kan behaal ondanks die verskeidenheid leerstyle wat by studente aangetref word, mits die volgende kanale as stappe aangewend word. Die fasiliteerder behoort

- ◆ sy/haar eie leerstyl- en onderrigstylvoorkeure te ken;
- ◆ te bepaal hoe ver hy/sy van hierdie onderrigstyl kan afwyk, alvorens hy/sy ongemaklik in die aanbieding voel;
- ◆ aanvanklik op 'n paar studente wat sukkel, te fokus;
- ◆ 'n doelbewuste poging aan te wend om die voorkeurleerstyl van 'n bepaalde kultuurgroep in die groep te ken;
- ◆ versigtig te wees om nie te veralgemeen of te stereotipeer nie, omdat daar altyd uitsonderings op die reël is;
- ◆ geleidelik aan die plooibaarheid van sy/haar aanbiedingstyl te bou, en nie onmiddellik die styl wat voorheen gewerk het te verwerp nie;
- ◆ die bestaande metodes krities in die lig van die veranderde situasie te beskou en dan oor die waarde daarvan te besluit; en
- ◆ altyd alle metodes (visueel, auditief, taktiel en kinesteties) tot sy/haar beskikking by die aanleer van konsepte en vaardighede te gebruik.

Sommige van die moderne benaderings tot die fasilitering van wiskundeleer word vervolgens onder die loep geneem.

### 2.3.1 Deelnemende leer

In hierdie navorsing word die standpunt van Steyn (1998: 88) onderskryf en word deelnemende leer as 'n situasie gedefinieer waar die student en die fasiliteerder albei leer. Deelnemende leer is meer as koöperatiewe of samewerkende (*collaborative*) leer, waar studente bymekaar en van mekaar leer.

Thompson (1995: 291) definieer die term "deelnemend" as "om te help om 'n uitkoms te bereik", terwyl Gove (1976: 496) dit definieer as "om by te dra (kennis of ywer) tot 'n gemeenskaplike belang of aktiwiteit". Die onderhawige studie ondersteun albei hierdie definisies aangaande deelnemende leer.

In die onderhawige studie vind deelnemende leer plaas wanneer die navorser as waarnemer by die tutoriaalklasse optree. Die navorser kan dan identifiseer waar gebreke by die studente se voorkennis bestaan, hoe die tutor die fasiliteringstaak benader en hoe die studente die kleingroepsituasie hanteer. Die studente word bewus van gebreke in hul voorkennis en probleemoplossingsbenadering, en leer om getrou te werk. Die tutors leer hoe om verskillende fasiliteringstyle toe te pas, ten einde effektiewe leer te verseker.

### 2.3.2 Leer om te leer

Smith (1996: 418) definieer die begrip "leer om te leer" soos volg:

*Learning to learn is understood to be a complex, lifelong process - or a constellation of processes - through which people acquire and modify their skills and capacities for knowledge acquisition, problem solving, and the extraction of meaning from experience. It refers to learning about learning itself. Conceptually, the idea subsumes the more specific notion of "metacognition" ("knowing about knowing" or "thinking about thinking").*

Candy (1990: 34-35) se definisie van "leer om te leer" dui aan dat dit

- ◆ 'n ontwikkelingsproses is waartydens studente se leerkonsepte groei en opsigtelik meer beskikbaar vir analise en beskouing word;
- ◆ die opbou van 'n repertorium van gesindhede behels, en op begrip en vaardighede dui wat studente in staat stel om meer effektief, buigsaam en selfgeorganiseerd in 'n verskeidenheid situasies te wees;
- ◆ voor en tydens leeraktiwiteite plaasvind;
- ◆ deur formele lesings of deur die strukturering van die leerplan verhoog kan word;
- ◆ toetred tot die diepere betekenis en strukture van leerinhoud behels. Die benadering van "leer om te leer" kan moontlik tot die kritiese bewuswording van aannames, reëls, konvensies en sosiale verwagtinge lei wat mense se persepsie van kennis en hoe hulle dink, voel en optree wanneer hulle leer, beïnvloed;
- ◆ generiese en kontekstspesifieke komponente het; en

- ◆ 'n multidimensionele entiteit is wat met die betekenis wat aan die woord "leer" gekoppel word, saamhang.

In die tutoriaalbenadering word daar nie eksplisiet aan "leer om te leer" aandag gegee nie. Studente word wel tot toereikende studiemetodes en -oriëntasie begelei.

### 2.3.3 Implikasies vir fasiliteerders met betrekking tot die UGO-benadering

Met die bekendstelling van Kurrikulum 2005 en Uitkomsgerigte Onderwys (UGO) het 'n totale paradigmaskuif in Suid-Afrikaanse onderwyskringe plaasgevind. Volgens die UGO-benadering sal onderwys voortaan

- ◆ die studente se kennisvaardighede, waardes en gesindhede ontwikkel;
- ◆ die reg van elke student wees;
- ◆ verseker dat elke individu sy/haar volle potensiaal bereik;
- ◆ op 'n hoë standaard wees;
- ◆ genotvol wees en 'n uitdaging vir studente bied;
- ◆ multikultureel, veeltalig en nie bevooroordeelend wees nie; en
- ◆ lewenslange leer aanmoedig (McDermott & McDermott, 2002: 1).

Vyf leerarea-organiseerders is voorgestel, naamlik:

- ◆ wiskunde en die samelewing;
- ◆ wiskunde en die wetenskap;
- ◆ databestuur;
- ◆ redenering en probleemoplossing;
- ◆ tyd, ruimte en beweging (McDermott & McDermott, 2002: 2).

Sewe kritiese uitkomste word deur vyf addisionele uitkomste ondersteun, en is deur die Suid-Afrikaanse Kwalifikasieowerheid (SAKO) opgestel. Studente behoort

- ◆ kreatiewe denke en besluitneming aan te wend om probleme te erken en op te los;
- ◆ effektief in 'n span of groep saam te werk;
- ◆ verantwoordelik en effektief hul aktiwiteite te organiseer en te bestuur;
- ◆ inligting in te samel, te analiseer, te organiseer en krities te evalueer;
- ◆ effektief deur middel van visuele voorstellings en gesproke of geskrewe taal te kommunikeer;
- ◆ verantwoordelik teenoor die omgewing op te tree in die beoefening van tegnologie en wetenskap; en
- ◆ raak te sien dat probleemoplossing nie in isolasie plaasvind nie, maar in 'n wêreld waar vele verbande bestaan (DoE, 2002a: 1).

Studente behoort die belangrikheid van die volgende te besef:

- ◆ 'n verskeidenheid effektiewe leerstrategieë;
- ◆ deelname aan die plaaslike, nasionale en internasionale gemeenskappe;
- ◆ verantwoordelike burgerskap;
- ◆ sensitiwiteit teenoor ander kulture;
- ◆ optimale benutting van die onderwys en beroepsmoontlikhede;
- ◆ entrepreneurskap (DoE, 2002a: 2).

Die volgende tien spesifieke uitkomst is aanvanklik gestel:

- ◆ Demonstreer begrip vir getallewerk.
- ◆ Manipuleer getalpatrone op verskillende maniere.
- ◆ Demonstreer begrip vir die historiese ontwikkeling van wiskunde in verskeie sosiale en kulturele kontekste.
- ◆ Analiseer die maniere waarop wiskundige verhoudings in sosiale, politieke en ekonomiese aangeleenthede aangewend word.
- ◆ Pas meting met selfvertroue en vaardigheid in verskeie kontekste toe.
- ◆ Demonstreer die insameling en interpretasie van data.



- ◆ Gebruik al vyf sintuie om ondervindings met vorm, ruimte, tyd en beweging te beskryf.
- ◆ Analiseer natuurlike vorms, kulturele produkte en prosesse as verteenwoordiging van vorm, ruimte en tyd.
- ◆ Demonstreer die gebruik van wiskundige taal om idees, konsepte, veralgemenings en denkprosesse te verbaliseer.
- ◆ Gebruik verskeie logiese prosesse om veronderstellings te formuleer, te toets en te regverdig (McDermott & McDermott, 2002: 3).

Na deeglike besinning en inspraak deur alle belanghebbendes, is die spesifieke uitkomst vir wiskunde na vyf verminder (DoE, 2002a: 6). Hierdie uitkomst is die volgende:

- ◆ getalle, bewerkings en getalverhoudings;  
 Studente behoort patrone en verwantskappe te herken, te beskryf en voor te stel wanneer hulle met gemak en selfvertroue probleme oplos deur te tel, te skat, te bereken en die antwoord te toets.
- ◆ patrone, funksies en algebra;  
 Studente behoort patrone en verwantskappe te herken, te beskryf en voor te stel wanneer hulle algebraïese taal en vaardighede tydens probleemoplossings gebruik.
- ◆ ruimte en vorm;  
 Studente behoort die kenmerke en verwantskap van tweedimensionele vorms en driedimensionele voorwerpe in 'n verskeidenheid posisies en oriëntasies te kan beskryf en voor te stel.
- ◆ meting;  
 Studente behoort meeteenhede, -instrumente en formules toepaslik in verskeie kontekste aan te wend.
- ◆ dataverwerking.  
 Studente behoort gevolgtrekkings en voorspellings te maak, asook die interpretasie van data en die bepaling van kansvariansie uit te voer, deur data te versamel, op te som, voor te stel en te analiseer.

Die akroniem EXCELL, 'n probleemgebaseerde leerprogram wat deur McDermot en McDermot (2002) ontwikkel is, word vervolgens verduidelik:

EX- ondervinding (*experience*)

C –konteks (*context*)

E –omgewing (*environment*)

L –taal (*language*)

L –leer (McDermott & McDermott, 2002: 4-6).

Die belangrikheid van die EXCELL-leerprogram in die onderhawige studie is beduidend. Studente kom met bepaalde **ervarings** na die tutoriaalklas, hetsy skoolondervindings of ondervindings wat hulle in die lesings opgedoen het. Die ervarings is uiteenlopend en studente gee ook op verskillende wyses betekenis aan "identiese ervarings". Die tutoriaalklasse word binne **konteks** aangebied en die rol van wiskunde in die ingenieursveld word uitgewys en beklemtoon. Die tutoriaalklas het dit ten doel om 'n stabiele vertrouensverhouding en 'n vriendelike **omgewing** daar te stel. **Taal** en wiskunde is deeglik nagevors (Maree, 1992a; Rosenthal, Baker & Ginsburg, 1983) en die invloed van niemoedertaalonderrig word deeglik besef. Die tutoriaalklas bied geleentheid vir gesprekke en diskoers in studente se moedertaal. Die tutoriaalklas het effektiewe **leer** ten doel wat deur middel van oefening en herhaling gefasiliteer word.

Die rol van die opvoeder het na dié van fasiliteerder verander en dit bring veranderde gesindhede mee. Die fasiliteerder behoort

- ◆ te fasiliteer en 'n gretige luisteraar te wees;
- ◆ onafhanklike denke aan te moedig;
- ◆ situasies te skep waar kreatiewe denke kan gedy;
- ◆ 'n stimulerende klasomgewing te skep;
- ◆ bewyse van studente se wiskundebegrip te versamel;
- ◆ te begryp hoe studente wiskunde bemeester;

- ◆ 'n verskeidenheid probleemgesentreerde aktiwiteite te ontwerp om probleemoplossing te oefen;
- ◆ goeie klasorganisasie wat groepwerk sal vergemaklik, te handhaaf;
- ◆ studente aan te moedig om, indien nodig, van mekaar te verskil;
- ◆ daarteen te waak om slegs korrekte antwoorde te loof en verkeerde antwoorde te korrigeer;
- ◆ studente aan te moedig om krities te dink;
- ◆ studente aan te moedig om sinvolle idees toe te pas;
- ◆ studente aan te moedig om uiteenlopende probleemoplossings te oorweeg;
- ◆ studente se getalsbegrip deur middel van probleemoplossingsaktiwiteite uit te brei;
- ◆ geleenthede te skep waar studente met uiteenlopende wiskunde probleme te doen kan kry;
- ◆ deurlopende assesseringstegnieke te gebruik; en
- ◆ ondervinding in onderhoudsituasies op te doen (McDermott & McDermott, 2002: 7,8).

Die UGO-benadering ten opsigte van wiskundeassessering behels 'n aantal nuwe aktiwiteite en onderliggende aspekte wat soms nog vreemd voorkom. Van der Heuvel-Panhuizen (1996: 16) stel die onderliggende aspekte van assessering soos volg:

- ◆ 'n Hoë prioriteit word aan waarneming gegee.
- ◆ Assessering vind deurlopend en geïntegreerd plaas.
- ◆ Die fasiliteerder speel 'n belangrike rol in die assessering.
- ◆ 'n Holistiese benadering word gevolg.
- ◆ Oopvrae word so dikwels moontlik aangewend.
- ◆ Klem word op lewensgetroue probleme geplaas.

In hoofstuk 4 word daar grondiger op die assesseringsaspekte van wiskundeleer gefokus.

## 2.4 SINTESE

Leer en leerfasilitering in wiskunde is vanuit verskillende hoeke belig. Ter aanvang is die leerarea "wiskunde" bespreek, met spesifieke verwysing na die aard, struktuur en eiesoortige taal van wiskunde, asook die verband tussen wiskunde en affek.

Verskeie leerbenaderings is onder die loep geneem en tien leeromgewings is bespreek. Die relevansie van leerteorieë en volwasseleer vir die onderhawige studie is aangetoon.

'n Uiteensetting van die huidige fasiliteringstyle in wiskundeleer, met spesifieke verwysing na die UGO-benadering, is gegee.

In hoofstuk 3 word die faktore wat wiskundeprestasie beïnvloed, krities beskou. Die faktore word vir die doel van die onderhawige studie in drie oorvleuelende vlakke ingedeel. Die eerste vlak is faktore wat ten opsigte van die student manifesteer, die tweede is faktore wat aan die omgewing toegeskryf kan word en derdens is faktore wat tydens fasilitering aangetref word.