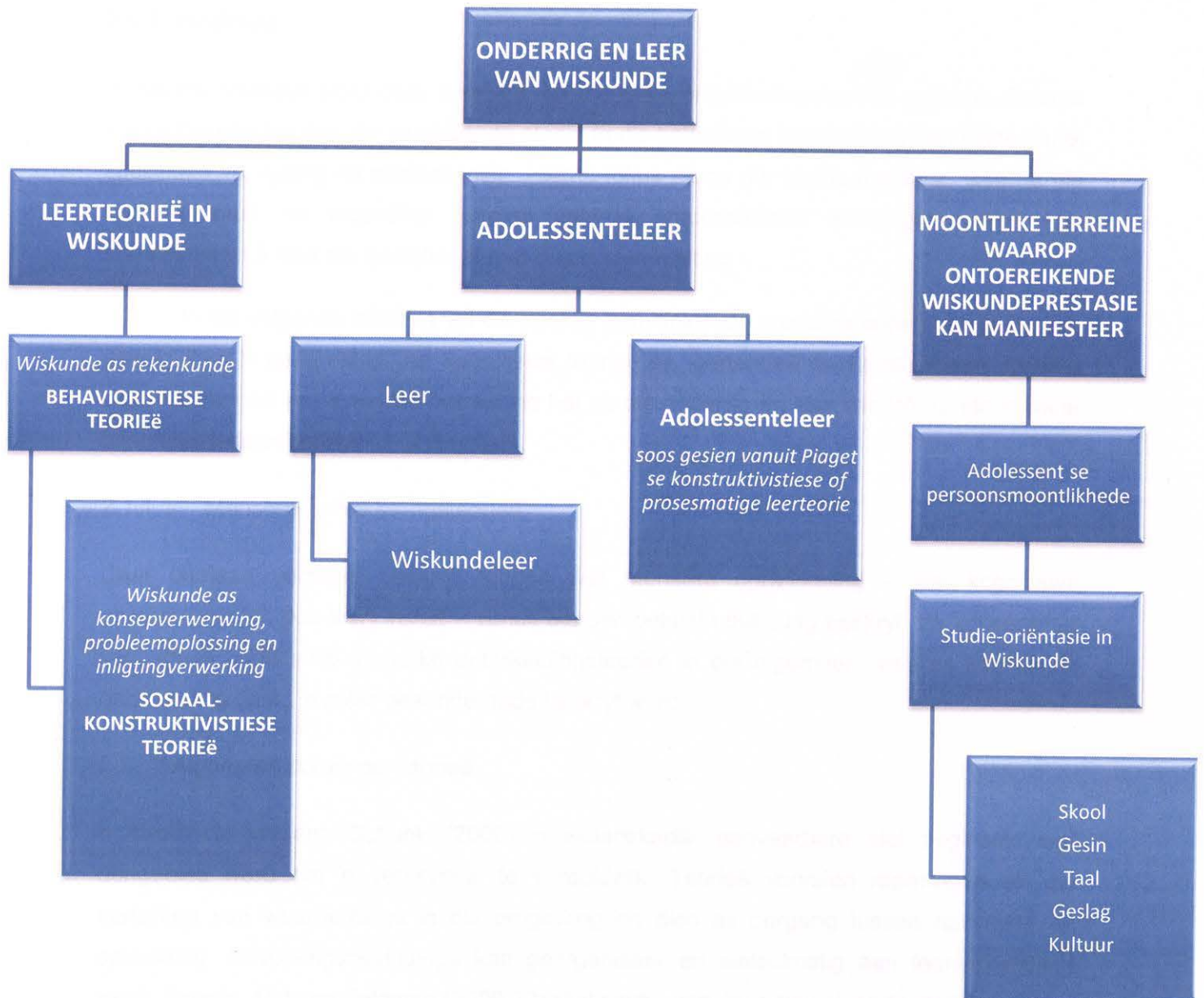


HOOFSTUK 2

LEERTEORETIESE PERSPEKTIEF OP DIE ONDERRIG IN EN LEER VAN WISKUNDE MET SPESIFIEKE VERWYSING NA ADOLESSENTELEER



HOOFSTUK 2

LEERTEORETIESE PERSPEKTIEF OP DIE ONDERRIG IN EN LEER VAN WISKUNDE MET SPESIFIEKE VERWYSING NA ADOLESENTELEER

2.1 TEORIEË IN DIE LEER EN ONDERRIG VAN WISKUNDE OOR DIE AFGELOPE EEU

2.1.1 Inleiding

In hierdie hoofstuk word daar eerstens op menslike ontwikkelingsteorieë gefokus. Daarna volg 'n bespreking van die verskillende stadia in die kognitiewe ontwikkeling van kinders met spesifieke verwysing na adolessensie. Hierna fokus ek op die begrip metaleer, waarna die klem verskuif na moontlike terreine waarop ontoereikende wiskundeprestasie kan manifesteer. Ek sluit die hoofstuk af met 'n kort samevatting.

In die volgende afdeling val die soeklig aanvanklik op menslike ontwikkelingsteorieë, gevolg deur 'n bespreking van kognitiewe teorieë en leerteorieë in die algemeen. Daarna word leerteorieë wat spesifiek betrekking het op die onderrig en leer van Wiskunde in meer besonderhede bespreek.

2.1.1.1 Menslike ontwikkelingsteorieë

Daar bestaan verskeie bewese teorieë wat menslike ontwikkeling – wat kognitiewe ontwikkeling (en dus leer) insluit – vanuit eie perspektief noukeurig beskryf. Ek konsentreer vervolgens kortliks op menslike ontwikkelingsteorieë in die algemeen, waarna kognitiewe ontwikkeling (leer) in meer besonderhede beskryf word.

i Algemene oorsig oor teorieë

'n Teorie is volgens Schunk (2000) 'n wetenskaplik aanvaarbare stel beginsels wat aangebied word om 'n verskynsel te verduidelik. Teorieë voorsien raamwerke vir die vertolking van waarnemings in die omgewing en dien as oorgang tussen navorsing en opvoeding. Navorsingsbevindings kan georganiseer en stelselmatig aan teorieë verbind word. Papalia, Olds en Feldman (2009:22) sluit hierby aan deur die volgende stelling:

Theory and research are interwoven strands in the seamless fabric of scientific study. Theories inspire further research and predict its results. They do this by generating hypotheses, tentative explanations or predictions that can be tested by further research.

Sonder teorieë sal navorsingsbevindings ongeorganiseerde versamelings data wees, omdat navorsers en praktisyns geen oorkoepelende raamwerke het waarmee dit verbind kan word nie (Van der Walt, 2008). Kail en Cavanaugh (2010:11) omskryf die rol van teorieë soos volg:

Theories are essential because they provide the “why’s” for development. ... In human development, a theory is an organized set of ideas that is designed to explain development.

Louw en Louw (2007:30) sluit hierby aan en verduidelik watter faktore 'n rol speel in die keuse van 'n spesifieke teorie:

Mense kies 'n teorie afhangend van hul eie persoonlikheid, waardestelsel, algemene lewensuitkyk en akademiese omgewing waarin hulle opgelei is, net soos hulle 'n spesifieke godsdiens, politieke party of lewensmaat sal kies. Wetenskaplikes, en daarom ook sielkundiges, het nie altyd al die antwoorde nie en verskil dikwels van mekaar. Deur middel van navorsing hou hulle nietemin aan om antwoorde te soek en indien hulle nie weet nie, weet hulle ten minste hoekom hulle nie weet nie.

Papalia et al. (2009:21) stel dit dat *theories are never set in stone; they are always open to change as a result of new findings.*

ii Algemene perspektiewe tot menslike ontwikkeling

Kail en Cavanaugh (2010:35) gee die volgende **algemene** verduideliking van 'n ontwikkelings-teorie:

Developmental theories organize knowledge so as to provide testable explanations of human behaviors and the ways in which they change over time. Current approaches to developmental theory focus on specific aspects of behavior.

Volgens Kail en Cavanaugh (2010) is daar nie een enkele waarlik omvattende teorie van menslike ontwikkeling wat as riglyn in navorsing gebruik kan word nie. Kail en Cavanaugh (2010:35) identifiseer vyf algemene perspektiewe wat huidige navorsing oor menslike ontwikkeling beïnvloed:

psychodynamic theory; learning theory; cognitive theory; ecological and systems theory; and theories involving the life-span perspective, selective optimization with compensation, and the life-course perspective.

Die soeklig val vervolgens op perspektiewe wat fokus op die **kognitiewe** ontwikkeling van die kind.

iii Benaderings tot kognitiewe ontwikkeling binne die breë menslike ontwikkelingsperspektief

Louw (2007:23) verduidelik dat kognitiewe perspektiewe fokus op hoe kinders dink en hoe hulle denke met verloop van tyd verander.

Volgens Papalia *et al.* (2009:140) kan daar onderskei word tussen ses benaderings wat kognitiewe ontwikkeling bestudeer en probeer verklaar.

- Die behavioristiese benadering fokus op die basiese meganismes van leer wat binne die breë konteks van kognitiewe ontwikkeling val. Behavioriste konsentreer op gedragsveranderinge as uitvloeisels van blootstelling aan nuwe ervarings.
- Die psigometriese benadering bereken kwantitatiewe verskille tussen die verskillende vermoëns wat as aparte konstrunkte van intelligensie onderskei word deur middel van toetse wat hierdie vermoëns voorspel.
- Piaget se benadering kyk na veranderinge, of stadia in die kwaliteit van kognitiewe funksionering. Dit is veral gemoeid met die wyse waarop die brein die verskillende aktiwiteite organiseer en aanpassings maak by die omgewing.
- Die inligtingverwerkingsbenadering fokus op persepsie, leer, geheue en probleemoplossing. Dit poog om te verklaar hoe kinders inligting verwerk vanaf die tydstop dat hulle daarmee gekonfronteer word totdat hulle dit gebruik.
- Die kognitiewe neuro-wetenskaplike benadering ondersoek die hardeware van die sentrale senuweestelsel. Die doel is om die verskillende breinstrukture wat betrokke is by spesifieke aksies van kognisies te identifiseer.
- Die sosiale kontekstuele benadering ondersoek die invloed van verskillende aspekte van die omgewing op die leerproses, en fokus veral op die rol van die ouers en ander rolspelers.

2.1.1.2 Leer in die algemeen as 'n onderskeibare konstruk van kognitiewe ontwikkeling

Leer is 'n onlosmaaklike deel van onderrig. Vrey (1979) maak die stelling dat intensionele leer wat in die pedagogiese en veral die pedagogies-didaktiese situasie geaktualiseer word, die leerhandeling is wat geskied onder leiding van onderwys/onderrig wat deur 'n ouer/onderwyser verskaf word. Gegewe dat ons almal leer, het elke persoon 'n intuïtiewe idee wat 'leer' is. Wanneer 'n mens egter poog om die term 'leer' meer omvattend te definieer en omskryf, word daar volgens Jarvis (2005) tot die besef gekom hoe omvattend

en kompleks die term is. Verskillende mensbeskouinge het volgens Schaap (2000:55) tot gevolg gehad dat bepaalde teoretiese beskouinge van leer ontwikkel het:

Die betekenis van leer verskil volgens die teoretiese beskouing wat voorgehou word. Die onderskeie teoretiese beskouinge het 'n invloed op die wyse waarop daar na onderrig en leer gekyk word. Die teoretiese beskouing het per implikasie 'n effek op die onderrigpraktyk, asook leerbenaderings wat deur leerders gevolg word.

Leerteorieë het oor die jare ontwikkel. 'n Samevatting van die ontwikkeling of evolusie van leerteorieë word in Figuur 2.1 voorgestel (Omrod, 2003).



Figuur 2.1: Evolusie van leerteorieë

Bron: Soos aangepas uit Omrod (2003)

In aansluiting by Omrod se voorstelling van die evolusie van leerteorieë fokus Royer (2003:154) op vyf benaderings wat met onderrig (en dus wiskunde-onderrig) verbind kan word:

- Die doel van onderrig in 'n *konstruktivistiese benadering* is om leeraktiwiteite van leerders te struktureer, te monitor en aan te pas.
- In 'n *sosiologiese en epistemologiese benadering* vorm leerders hul begrip van Wiskunde op dieselfde manier as wat wiskundiges nuwe kennis skep.
- In nog 'n benadering word wiskunde-onderrig beskou as die *implementering van onderrigvolgorde*, waar onderwysers 'n bestaande onderrigvolgorde wat reeds ontwikkel is, gebruik om leerders te help om 'n konseptuele begrip van wiskundige konsepte te ontwikkel.
- Die *sosiaal-konstruktivistiese* perspektief beskou die leer van wiskunde as 'n sosiale proses tussen onderwysers en leerders wanneer hulle oor wiskunde praat en argumenteer.
- In 'n *feministiese benadering* oorheers vroulike of manlike verskille die algehele lewe van die mens en hierdie verskille moet in aanmerking geneem word in die beplanning van die onderrigsituasie. Onderwysers moet bewus wees van die effek van geslag op wiskunde as 'n dissipline en op wiskunde-onderwys, asook van die interaksies wat in hul klaskamers en in die lewe van hul leerders plaasvind.

Dit is belangrik om vorige sowel as huidige leerteorieë te ondersoek en daaroor na te dink ten einde die ontwikkelingsproses van denke oor wiskunde-leer en -onderrig te volg. Leer en onderrig in die praktyk (en dus leer en onderrig in wiskunde) kan verder geïnterpreteer word deur twee of meer leerteorieë te kombineer. Louw (2007:30) sê in hierdie verband die volgende:

Aangesien baie sielkundiges besef dat geen enkele perspektief volledige verklarings van die aspekte van kinders se ontwikkeling bied nie, verkies die meeste sielkundiges om 'n eklektiese teoretiese oriëntasie te volg. Hierdie benadering, wat eklektisisme genoem word, beteken dat 'n sielkundige nie enige enkele perspektief of teorie ondersteun nie, maar eerder dié standpunte uit elke teorie kies wat hy of sy as die beste beskou en wat op daardie tydstip die meeste van toepassing is.

Daar word vervolgens gefokus op definisies van 'leer' soos voorgehou deur verskeie navorsers. Volgens Schaap (2000) word die term *leer* deur min navorsers eksplisiet verduidelik alhoewel daar in die afgelope dekades baie oor leer geskryf is. Van der Walt (2008:22) sluit hierby aan met die volgende stelling:

Teoretici verskil oor hoe om dié begrip te definieer. Party meen dat leer 'n relatief permanente verandering in gedrag is as gevolg van ervarings. Ander meen weer dat leer 'n relatief permanente verandering in verstandsassosiasies is as gevolg van ervarings.

Volgens die outeur beskryf albei definisies leer as 'n **relatief permanente verandering**' en meld dat die **'verandering plaasvind as gevolg van ervarings'**. Die twee definisies verskil in dié opsig dat die een leer as **gedrag** beskryf en die ander as **verstandsassosiasies**.

In Tabel 2.1 volg 'n opsomming van verskillende definisies van leer soos voorgehou deur verskeie navorsers oor die afgelope ongeveer vyftig jaar.

Tabel 2.1: Verskillende definisies van leer (1954 tot 2008)

Outeur	Definisie / omskrywing van die konsep leer
Louw (2007)	Die lewe is vir die baba een groot leerervaring. Daar is egter struikelblokke, hindernisse en probleme wat oorkom moet word. Dieselfde hindernisse bied ook uitdagings. Die klein kindjie moet leer loop, hardloop, skryf, en nog 'n magdom ander fisieke vaardighede aanleer. Met verloop van tyd wil weet hoekom en waarom. Die kind moet ook 'n taal (die draer van begrip) aanleer om te kan kommunikeer. Verder moet hy/sy leer om gevoelens en emosies te beheer in ooreenstemming met kultuurnorme.
Vrey (1979)	Leer is nie slegs 'n onderwys- of kognitiewe aangeleentheid nie. Betekenisgewing, betrokkenheid en beleving as drievoudige kategorie bly geldig by wording en leer, terwyl die selfkonsep meesprek en alles voortdurend om 'n kind se selfaktualisering gaan.
Niblett (1954:47)	<i>We have not educated even more than a little when we have made them more literate, more vocal, more technically skilled. The school has to nourish and educate feelings, intelligence and will.</i>
Odendal en Schoonees (1979:643)	<i>Leer is onderwys, onderrig, les gee in, vaardigheid in iets laat kry, kennis oordra; met die verstand probeer vat, jou eie maak, in die geheue opneem.</i>
Spangenberg (2008)	Leerders het 'n begeerte om te leer, kan onafhanklik werk en kan besluite op hul eie neem. Leerders is betrokke by uitdagende

	ondersoek en weet wanneer hulle iets geleer het. In die onderwyssituasie leer (onderrig) die onderwyser die leerder, wat op sy beurt weer die leerinhoude moet leer (bemeester en sy eie maak).
Landman (1985:53)	Die primêre rede waarom die kind die skool besoek, is om op so 'n wyse onderrig te ontvang dat hy aangeleenthede wat waardevol sal wees vir sy grootwording en sy uiteindelijke volwassenheid, sal <u>leer</u> .
Sonnekus en Ferreira (1986)	Leer is 'n handeling van 'n kind wat ingestel is op verwerwing van kennis. Leer kan enersyds gesien word as die ontsluiting van inhoud of kennis deur die onderwyser en andersins as leer deur 'n kind self.
Nel, Sonnekus en Garbers (1975)	Leer is 'n proses waarin en waardeur nuwe gedragspatrone tot stand kom as gevolg van die wisselwerking tussen die individu en die omgewing.
Säljö (1984)	Leer word beskou as die toename in kennis, memorisering, die verwerwing van feite, prosedures wat in die praktyk herroep en/of gebruik word, die abstrahering van kennis en 'n proses van interpretasie met die doel om die werklikheid te verstaan en te begryp. Säljö se definisie van leer toon 'n duidelike ontwikkeling vanaf slegs kennis-inwinning tot abstrahering en interpretasie.
Novak en Gowin (1984:xi)	<i>For almost a century, students of education have suffered under the yoke of the behavioral psychologists, who see learning as synonymous with change in behavior. We reject this view, and observe instead that learning by humans leads to a change in the meaning of experience.</i>
Human-Vogel (2004:21)	Leer word 'breedweg beskou [as] 'n relatiewe permanente verandering in gedrag'.

Leer is, ongeag die vele definisies soos hier bo uiteengesit, 'n betekenisvolle en betekenisgewende handeling. Jarvis (2005) beklemtoon egter dat dit nie die definisie, strategie of tegniek wat die leerproses rig of lei wat belangrik is nie, maar wel die impak hiervan op die leerder.

Die fokus verskuif nou na leerteorieë wat relevant is vir die leer van wiskunde. Leerteorieë in wiskunde kan moontlik in twee groepe verdeel word: teorieë wat die aanleer van basiese rekenkunde beskryf, en teorieë wat na die meer komplekse vlak van konsepverwerwing, probleemoplossing en inligtingverwerking kyk (Maree, 1992). Vervolgens fokus ek op eersgenoemde kategorie en meer spesifiek op die behavioristiese leerteorieë van onder andere Thorndike, Brownell, Gagné en Skinner.

2.1.2 Wiskundeleer volgens behavioristiese leerteorieë – *Die leer van rekenkundige reëls en vaardighede*

Volgens Maree (1997) kan wiskunde onder meer gedefinieer word as die leer van rekenkundige reëls en vaardighede. Hierdie rekenvaardighede sluit optel, aftrek, vermenigvuldiging en deling in. Volgens Maree (1997) leer kinders wiskunde aan in min of meer dieselfde volgorde as waarin dit ontdek is. So begin klein kinders byvoorbeeld met die aanleer van syfers, dan bestudeer hulle bewerkings en getalstelsels, en daarna volg meting en breuke. Met verloop van tyd bestudeer hulle desimale en verwante bewerkings. Die kind leer hierdie konsepte aan deur vanaf die konkrete na simboliese voorstellings te beweeg. Die navorser onderskei tussen die volgende begrippe wanneer daar van rekenvaardighede gepraat word:

- Numerieke feite, insluitende tafels (optel, aftrek, vermenigvuldig en deel) wat reeds op primêre skoolvlak aangeleer word.
- Algoritmes, waarmee verwys word na meer komplekse prosedures en vaardighede soos langdeling waar een veelterm deur 'n ander veelterm gedeel word.

Volgens Resnick en Ford (1981) is elke stap belangrik en moet sekere prosedures eenvoudig eers onder die knie gekry word. Die leerling moet bepaalde numerieke feite deeglik ken voordat daar oorgegaan word tot die gebruik van daardie feite en algoritmes in probleemoplossing.

Die behavioristiese leerteorieë en meer spesifiek Thorndike se behavioristiese leerteorie dui aan hoe hierdie benadering in die praktyk neerslag vind. Tussen 1900 en 1920 was die memorisering- en inoefeningsmetode die mees algemene metode van wiskundeleer (Spangenberg, 2008). John Watson het geglo dat, met die regte tegnieke, enige persoon enige konsep kon aanleer (Kail & Cavanaugh, 2010:12):

John Watson (1878-1958) believed that infants' minds were essentially blank slates and argued that learning determines what people will become. He assumed that, with the correct techniques, anything could be learned by almost anyone. Watson did little research to support his claims, but B.F. Skinner (1904-1990) filled this gap.

Thorndike en Skinner het geglo dat elke kind die beste teen sy/haar eie tempo leer – deur middel van direkte onderrig en die omsigtige ordening van leerstappe (Maree, 1992). Olivier (1989:11) beskryf Thorndike se behavioristiese standpunt soos volg:

Behaviorism therefore assumes that pupils learn what they are taught, or at least some subset of what they are taught, because it is assumed knowledge can be transferred intact from one person to another.

Thorndike was bekend vir sy eksperimente en navorsing oor dieregedrag en het op grond van bevindings oor dieregedrag afleidings in verband met menslike leer gemaak.

Volgens Thorndike kan die leer van wiskunde beskou word as 'n verbinding tussen afsonderlike elemente. Drilwerk en herhaling staan sentraal in Thorndike se benadering en hy beklemtoon dat drilwerk interessant aangebied en met konkrete objekte geverifieer behoort te word. Mwamwenda (2004) wys daarop dat Thorndike se benadering die belangrikheid van herhaling in die leerproses benadruk, wat belangrik is vir menslike leer en dus leer in wiskunde.

William Brownell het probleme as gevolg van drilwerk en herhaling (soos voorgestaan deur Thorndike se benadering) uitgewys. Brownell se kritiek teen Thorndike se teorie behels onder meer dat dit nie onderskeid tref tussen leer by kinders en volwassenes nie en dat die rekenvaardighede van kinders en volwassenes op dieselfde vlak gestel word. Brownell was ook van mening dat die drilwerk 'n verwronge siening van die leerdoel verteenwoordig. Resnick en Ford (1981) verduidelik Brownell se kritiek teen Thorndike se teorie soos volg:

Brownell interpreted this to mean that drill simply made them faster and better at the "immature" procedures they had discovered for themselves, not at the kind of direct recall that adults possess.

Dit is van kardinale belang dat leerders moet leer totdat hulle verstaan waarom (byvoorbeeld) die som van 7 en 5 gelyk is aan 12. Hulle moet dus aan hulself kan bewys dat die antwoord 12 is en met vertroue hierdie antwoord kan aanbied. Dit is ook belangrik dat die leerder dan hierdie kombinasie op 'n intelligente manier moet kan gebruik – die kombinasie moet betekenisvol vir die leerder wees. Ten einde hierdie sin en betekenis te bewerkstellig, is dit nodig om die wiskundige beginsels en patrone waarop berekeninge gegrond is ook onder die knie te kry. Die idee van wiskundige veralgemening word gepropageer. Dit impliseer dat leerders in elke fase hul kennis op nuwe probleme moet kan toepas totdat hulle gemaklik na outomatisering kan oorskakel.

Kritiek teen Brownell se teorie is dat hy in gebreke gebly het om te verklaar waarom die aanleer van eenvoudige werk die aanleer van meer komplekse en ingewikkelde werk moontlik maak. Robert Gagné se neo-behavioristiese (kumulatiewe) leerteorie konsentreer veral op die resultate wat met leer geassosieer kan word. Gagné (1976:3) definieer leer soos volg:

Learning is a change in human disposition or capability, which persists over a period of time, and which is not simply ascribable to processes of growth.

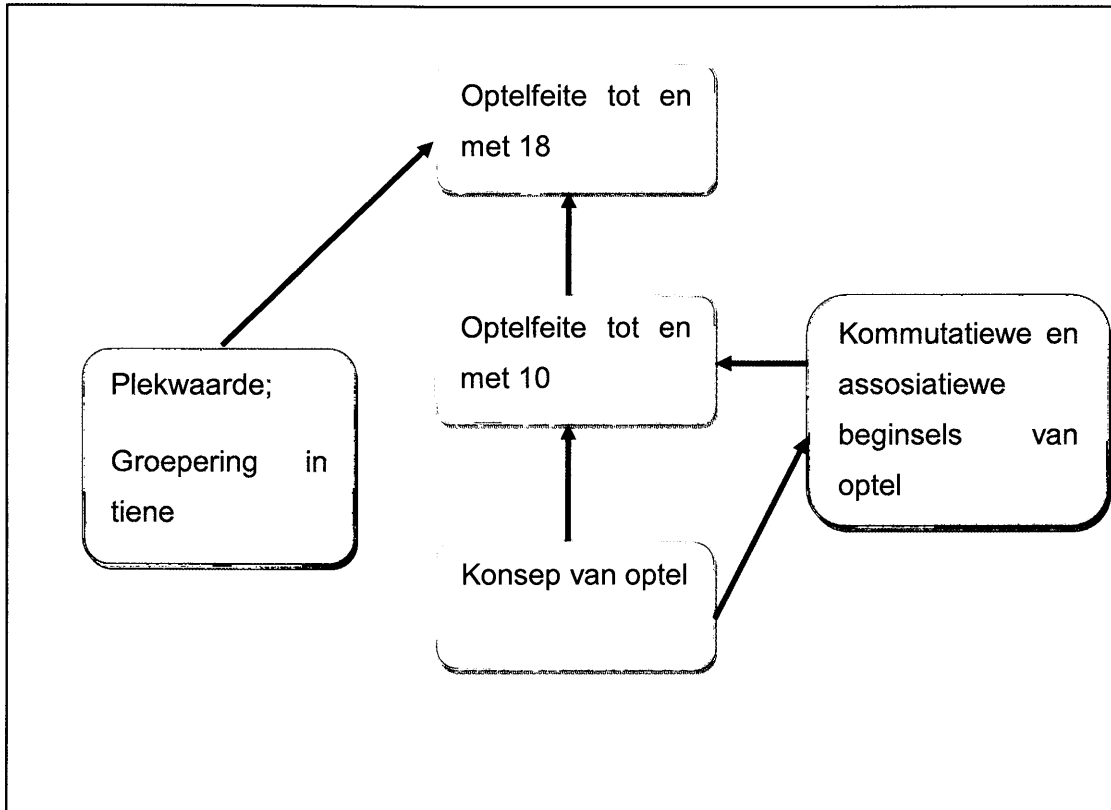
Leer vind plaas as daar 'n verandering in die persoon se optrede, gedrag of prestasie teweeggebring word. Die resultaat wat met leer geassosieer kan word, is van besondere betekenis en onderskei tussen die volgende vyf kategorieë van prestasie:

- Intellektuele vaardighede (insluitende die aanleer van die alfabet en terme en begrippe wat hiermee verband hou)
- Verbale inligting wat daarop dui dat 'n leerder in staat is om gegewens in sy eie woorde te formuleer en aan ander oor te dra
- Kognitiewe strategieë
- Gesindhede
- Motoriese vaardighede

Maree (1997:34) verduidelik die belangrikheid van Gagné se bydrae tot wiskunde-onderrig soos volg:

Ten spyte van die streng behavioristiese aard van Gagné se epistemologiese beskouinge, het hy die waarde van leerders se eie verantwoordelikheid, positiewe houding, eie wil en kreatiwiteit as aspekte van hul studie-oriëntasie in wiskunde ingesien en in die praktyk verreken.

'n Leerder is gereed om iets nuuts te leer sodra hy/sy die voorkennis en voorvereistes vir die aanleer van die nuwe werk onder die knie het. Volgens Gagné is dit dus belangrik dat leerders konsepte, reëls en definisies moet gebruik om insig te verkry in die struktuur van wiskunde. Volgens Cathcart, Pothier, Vance en Bezuk (2000), is Gagné se belangrikste bydrae tot kurrikulumontwikkeling sy beklemtoning van die feit dat die struktuur van 'n taak of konsep wat aangeleer word eers deeglik geanaliseer moes word. In Figuur 2.2 word een moontlike hiërargie van take vir die aanleer van optelfeite tot en met 18 uitgebeeld.



Figuur 2.2: Moontlike hiërargie van take vir die aanleer van optel feite tot en met 18

Bron: Saamgestel uit Cathcart, Pothier, Vance & Bezuk (2000:18)

Skinner word beskou as 'n eksponent van die meer moderne behavioristiese sienings in die leerpsigologie (Thomas, 2000). Sy vertrekpunt is Thorndike se stelling dat gedrag wat bevrediging verskaf, bevorder word, terwyl gedrag wat tot frustrasie lei, afgeleer word (Yelon & Weinstein, 1977). Skinner se radikale behavioristiese leerteorie sluit nou aan by die siening van Thorndike, Brownell en Gagné. Skinner het behaviorisme gesteun, maar geglo dat kinders deur middel van die response van die omgewing leer (Louw, 2007). Hierdie proses word **operante kondisionering** genoem. Dit word nie deur prikkels bepaal nie, maar wel deur die effek van daaropvolgende gedrag. Dit is dus nie die stimulus wat die gedrag versterk nie, maar die resultaat van die gedrag (Skinner, 1974). Skinner se leerteorie het 'n groot hupstoot aan geprogrammeerde onderrig gegee. Ashlock, Johnson, Wilson en Jones (1983:11) beskryf Skinner se bydrae soos volg:

He also refined techniques for producing desired behavior from animals and introduced concepts such as shaping, chaining, and operational conditioning. In addition, he developed programmed instruction techniques and the teaching machine.

In 'n behavioristiese perspektief verwerf leerders dus vaardighede, konsepte en beginsels deur stimulus-respons-assosiasies (Spangenberg, 2008:89):

Leerders word bekwaam deurdat hulle meer eenvoudige vaardigheidskomponente kombineer en sodoende meer ingewikkelde vaardighede verwerf.

Volgens Maree (1997) is behaviorisme as epistemologie hoofsaaklik toegespits op die studie van uiterlik waarneembare gedrag. Vaardighede in wiskunde, soos hoër-orde denke, redenasie en probleemoplossing word misken (Maree & Fraser, 2004). Carruthers en Worthington (2006) wys op die volgende nadele in die behavioristiese benadering:

- Die ervaring om met geordende leermateriaal te werk, kan herhalend en vervelig wees en dus nie die leerders motiveer nie.
- Die kind se persoonlike begrip word geïgnoreer terwyl hy/sy deur 'n reeks voorafgeskrewe take werk.
- Daar is geen ruimte vir persoonlike denke nie.
- Leer word as passief, eerder as aktief en dinamies beskou.
- Die waarde van taal en sosiale bespreking word nie erken nie.
- Daar is geen waardering vir die rol van die kind se kultuur binne die huis, gemeenskap en skoolopset nie.

Samevattend verduidelik Bartlett en Elliot (2009:65) leer vanuit 'n behavioristiese perspektief soos volg:

The stimulus-response systems and shaping are the essence of behaviorism. From a behavioral perspective, people learn by acquiring simple components of a skill through an accumulation of stimulus-response associations, then building this into more refined or elaborated ones by differentiating or combining them. Knowledge is what associations one forms, and 'learning is the process by which one acquires those skills' (Thorndike, 1931).

Kennedy, Tipps en Johnson (2008:48) vra tereg:

If learning occurs only as a response to a stimulus, how can people create new words, new art, new music, new inventions, or even new theories?

Leerteorieë wat aandag aan rekenvaardighede gee, beklemtoon die belangrikheid van leerders se basiese wiskundige agtergrond. Probleme met wiskunde in die sekondêre fase kan dikwels hierheen teruggevoer word. In teenstelling hiermee kan die sosiaal-konstruktivistiese benadering wiskunde meer toeganklik en verstaanbaar vir leerders maak.

Dit is belangrik dat leerders eers sekere konsepte verwerf of bemeester om latere probleme sover moontlik te beperk. Maree (1997) wys daarop dat die leerder insig moet verwerf in konsepte wat die voormelde numerieke feite en algoritmes onderlê. Leerders moet leer om hul konseptuele en prosedurele kennis en insig in wiskunde buigsaam en korrek toe te pas in die uitvoer van probleemoplossingstrategieë.

Vervolgens word teorieë wat fokus op wiskunde as konsepverwerking, probleemoplossing en inligtingverwerking onder die loep geneem.

2.1.3 Die onderrig van wiskunde gegrond op kognitiewe en konstruktivistiese leerteorieë/beginsels – *Wiskunde as konsepverwerking, probleemoplossing en inligtingverwerking*

2.1.3.1 Inleiding

In die vorige afdeling (2.1.2) is die tradisionele model van kognitiewe leerteorieë bespreek. In hierdie afdeling verskuif die fokus na die onderrig van wiskunde gegrond op kognitiewe en konstruktivistiese leerteorieë. Figuur 2.3 verskaf 'n skematiese opsomming van enkele kognitiewe leerteoretiese benaderings.



Figuur 2.3: Skematiese opsomming van enkele kognitiewe leerteorieë

Bron: Maree (1997)

Onderprestasie in wiskunde is 'n wêreldwye probleem (Maree, 2008; Hattingh, 2009; Rademeyer, 2009). Dit word onder andere toegeskryf aan die oorbeklemtoning van die absolute, objektiewe en strukturele aard van wiskunde.

Volgens Cathcart *et al.* (2000:18) word meer onlangse navorsing in wiskunde onderrig en -leer beïnvloed deur die kognitiewe en konstruktivistiese benadering tot onderrig en leer. Von Glaserfeld (1991:31) stel dit dat konstruktivisme op twee beginsels berus:

Knowledge is not passively received but actively built up by the cognizing subject; and the function of cognition is adaptive and serves the organization of the experiential world, not the discovery of ontological reality.

Konstruktivisme is 'n psigologiese en filosofiese perspektief wat onder meer impliseer dat individue die meeste van wat hulle leer en verstaan, self konstrueer (Brunning, Schraw & Ronning, 1995). Volgens Cathcart *et al.* (2000:18) berus konstruktivisme op twee hoofhipoteses.

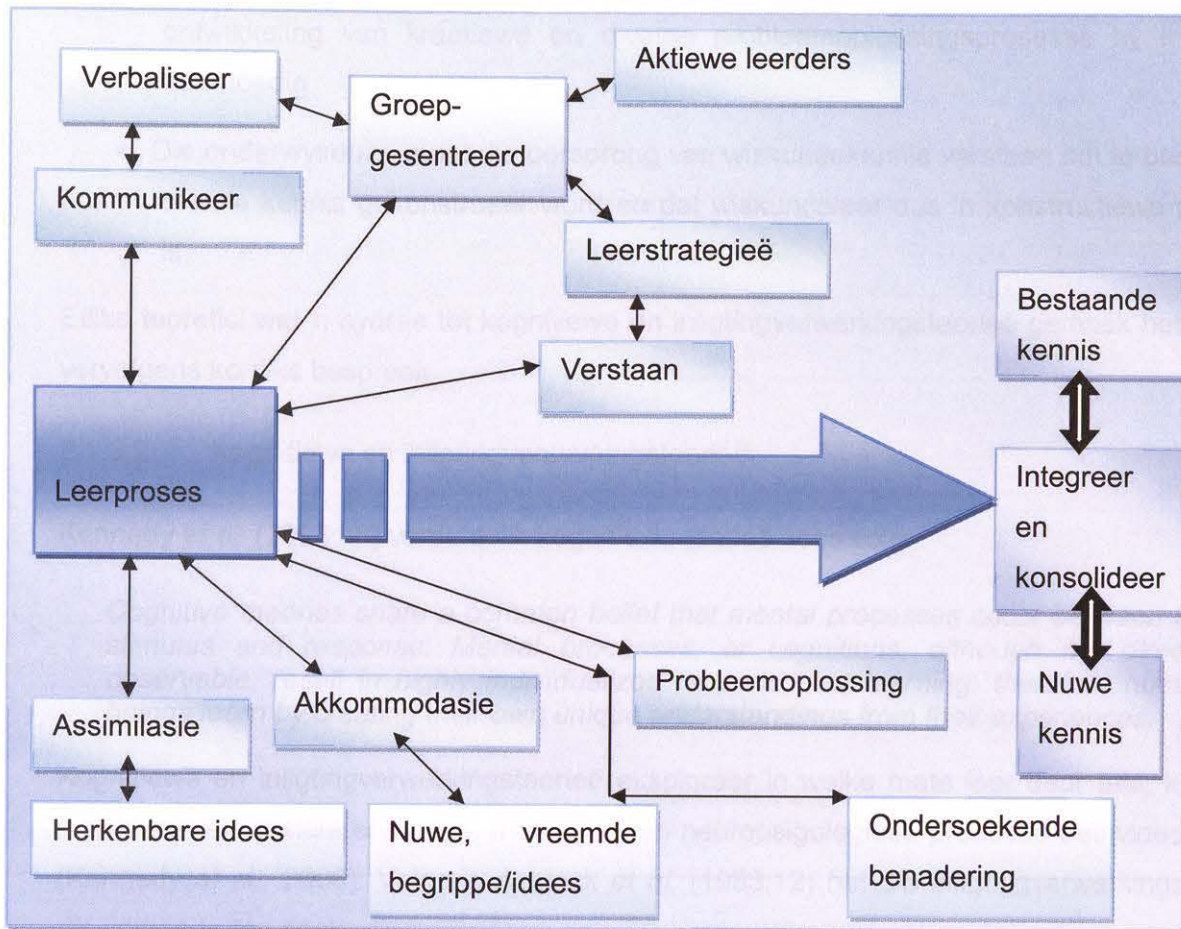
(Eerstens) ... knowledge is actively constructed by the individual, not passively received from an outside source. (Tweedens) ... coming to know is an adaptive process that organizes one's world, not the discovery of some independent, pre-existing world outside the mind of the individual.

Dit beklemtoon die interaksie tussen mense en situasies in die verkryging en verfyning van vaardighede en kennis. Volgens Van der Walt (2008:28) staan die konstruktivisme in bepaalde opsigte in sterk kontras met die behavioristiese sienings van leer. Laasgenoemde beklemtoon die invloed van die omgewing op die leerder. Dit verskil ook van die klassieke inligtingverwerkingsteorie wat die lokus van leer in die verstand van die leerder plaas sonder om te veel aandag te gee aan die konteks waarbinne leer plaasvind. Die konstruktivistiese leerteorie stem grotendeels ooreen met die sosiale kognitiewe teorie (Bandura, 1986, 1997), wat aanneem dat leerders, gedrag en omgewings onderling met mekaar in interaksie verkeer.

Daar is volgens Von Glaserfeld (1991) 'n radikale verskil tussen 'n konstruktivistiese benadering tot leer, waar leerstrategieë gerig is op die verstaan van probleme en vakinhoud, en 'n behavioristiese benadering, waar die hoofdoel die herhaling en die indril van vaste patrone of metodes is. Maree (1995:68) omskryf die rol van die konstruktivisme binne die komplekse onderrig- en leergebeure soos volg:

Die probleemoplossingsbenadering, probleemgesentreerde leer, (sosiale) konstruktivisme, leerlingbetrokkenheid waartydens leerlinge hulle 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.

Maree (1997) beskryf enkele aspekte wat moontlik in wiskundeonderrig verreken behoort te word. Die interaksie tussen die aspekte kan soos volg voorgestel word:



Figuur 2.4: Enkele aspekte wat die konstruktivisme beskryf en wat tydens wiskundeonderrig verreken behoort te word

Bron: Saamgestel uit Maree (1997) deur Van der Walt (2008:34)

Goldin (1990:31) identifiseer die volgende ses temas waarop onderrig in wiskunde vanuit 'n konstruktivistiese perspektief gebaseer is (Kennedy *et al.*, 2008:54):

- Wiskunde word beskou as iets wat ontdek of gekonstrueer word.
- Wiskundige betekenis word nie deur die onderwyser/es aan die leerder oorgedra nie, maar eerder deur die leerder self gekonstrueer.
- Doeltreffende wiskundeleer vind plaas deur begeleide ontdekking, betekenisvolle toepassing en probleemoplossing, eerder as nabootsing en die robotagtige toepassing van algoritmes en manipulering van simbole.

- Assessering van leerders moet plaasvind deur middel van individuele onderhoude en kleingroep-waarneming en nie bloot op grond van papier-en-pen-toetsing nie.
- Doeltreffende leer vind plaas wanneer klaskamers leeromgewings word wat die ontwikkeling van kreatiewe en diverse probleemoplossingsprosesse by leerders aanmoedig.
- Die onderwyser/es moet die oorsprong van wiskundekennis verstaan om te besef dat hierdie kennis gekonstrueer word en dat wiskundeleer dus 'n konstruktiewe proses is.

Etlieke teoretici wat 'n bydrae tot kognitiewe en inligtingverwerkingsteorieë gemaak het, word vervolgens kortliks bespreek.

2.1.3.2 Kognitiewe en inligtingverwerkingsteorieë

Kennedy *et al.* (2008:48) verduidelik kognitiewe teorieë soos volg:

Cognitive theories share a common belief that mental processes occur between the stimulus and response. Mental processes, or cognitions, although not directly observable, result in highly individualized responses or learning: therefore human beings learn by creating their own unique understandings from their experiences.

Kognitiewe en inligtingverwerkingsteorieë eksplorieer in welke mate leer deur taal, kultuur, individuele en sosiale ervarings, motivering en neuropsigologiese prosesse beïnvloed word (Kennedy *et al.*, 2008). Volgens Ashlock *et al.* (1983:12) het die inligtingverwerkingsteorie die volgende ten doel:

Information-processing theory attempts to explain how information is encoded, decoded and processed in the human brain.

Voorts val die soeklig kortliks op die leerteorieë van verskeie teoretici wat die huidige kognitiewe en inligtingverwerkingsteorieë voorafgegaan het. Die klem val eerstens op die *gestaltpsigologiese leerteorie* van Köhler. Köhler beskryf insigtelike leer as die vorming van 'n **gestalt** of geheel wat deur afsonderlike dele gevorm word. Waar leerteoretici soos Thorndike probeer het om diere se probleemoplossingsgedrag in terme van doelgeoriënteerde probeer-en-tref tref-pogings en foute te verklaar, het Köhler (1930) se waarnemings hom daarvan oortuig dat daar meer algemeen georganiseerde prosesse aan die werk was. Sy teorie behels 'leer deur insig', in teenstelling met Thorndike se 'probeer-en-tref'-teorie.

Bruner is een sielkundige wie se leerteorie oor intellektuele funksionering ontwikkelingspogings in die sewentigerjare sterk gerig het. Hy het veral die aanleer van die

struktuur van wiskunde beklemtoon. Die kognitiewe leerteorie van Jerome Bruner het hoofsaaklik die kognitiewe prosesse van kinders bestudeer en aandag gegee aan die manier waarop kinders die idees en konsepte wat hulle aanleer, verstandelik voorstel. Bruner (in Resnick & Ford, 1981) verstaan onder kognitiewe prosesse *[t]he means whereby organisms achieve, retain, and transform information.*

Nog 'n navorser wat nou saam met Bruner aan die Universiteit van Harvard gewerk het, is Dienes. Volgens Dienes se teorie van veelvuldige beliggaming moet leerders met verskillende soorte materiaal gekonfronteer word, en al die materiaal moet die spesifieke konsep beliggaam of verteenwoordig. Wiskunde behels volgens Dienes die studie en klassifikasie van strukture, die uitsorteer van verwantskappe tussen strukture en die kategorisering van verwantskappe tussen strukture. Hy het die onderrigmetodes bestudeer wat beide die struktuur van wiskunde en die kognitiewe vermoë van die leerling in ag neem. Sy werk was toegespits op die ontwerp van hulpmiddels wat tydens wiskunde-onderrig en -leer gebruik kan word. Hy het voorts ook eksperimente uitgevoer om die verwerwing van wiskundige konsepte by leerders te verfyn (Bell, 1978).

'n Navorser wat minder klem op ontdekkende leer geplaas het en veral bekendheid vir sy kognitiewe struktuurmodel verwerf het, is Ausubel. Sy kognitiewe struktuurmodel stel dit dat leer by die mens en by diere nie essensieel dieselfde is nie. Vir Ausubel was ontdekkende leer nie van soveel belang nie, aangesien hy daarvan oortuig was dat kognitiewe ontwikkeling doeltreffend sal verloop indien die leerling 'n verstandelike/intellektuele voorstelling van die objek kon maak. Die verhouding tussen die innerlike kognitiewe struktuur en die leerstof staan sentraal hier. Voorkennis, oftewel die individu se bestaande kognitiewe struktuur, is volgens Ausubel die belangrikste voorwaarde vir effektiewe leer. Ausubel (1963:230) dring daarop aan dat new material in the sequence should never be introduced until all previous steps are thoroughly mastered.

Maree (1997:59) beskryf Ausubel se siening soos volg:

Hy beklemtoon die besondere plek van voorkennis in enige leerproses: Op hierdie wyse word die leerling in staat gestel om spesifieke nuwe konsepte in meer algemene en omvattende konsepte van 'n hoër orde te klassifiseer en akkommodeer.

Daar is verskeie ooreenkomste tussen die leerteorieë van Ausubel, Bruner en Piaget, maar daar is eweneens etlike betekenisvolle verskille.

Konstruktivisme is 'n leerteorie wat ten nouste met dié van Ausubel, Bruner en Piaget saamgaan. Volgens Kennedy, Tipps en Johnson (2008) is konstruktivisme 'n term wat met kognitiewe teorieë geassosieer word. Konstruktivistiese onderrig het sy oorsprong in die

teorieë van Piaget, Bruner, Skemp en Vygotsky. Bransford, Brown en Cocking (2000:10-11) verduidelik dat konstruktivistiese leerteorieë op die volgende beginsel berus:

[E]xisting knowledge is used to build new knowledge. ... contemporary view of learning is that people construct new knowledge and understanding based on what they already know and believe.

Volgens Jarvis (2005:19) kan die werk van Piaget en Vygotsky vir die volgende rede as konstruktivisties beskryf word:

[T]hey emphasise the active processes by which learners construct their understanding of the word. Vygotskian approaches are distinguished from Piagetian by calling them social constructivist approaches, denoting their emphasis on social processes.

Omdat hierdie studie vanuit die sosiaal-konstruktivistiese benadering onderneem word, is dit vervolgens nodig om na die sosiaal-konstruktivistiese teorie van Vygotsky en die sosiaal-kognitiewe teorie van Bandura te verwys.

2.1.3.3 Sosiaal-konstruktivistiese teorieë

Volgens Van der Walt (2008) is leerders aktief betrokke deur manipulasie van materiaal óf sosiale interaksie, en dié optrede sluit in waarneming, insameling van data, generering of toets van hipoteses en saamwerk met ander leerders. Biggs (1996) glo dat die leerder opgehoopde aannames, motiewe, intensies en vorige kennis na elke onderrig-/leersituasie saambring. Hierdie elemente beïnvloed die gang en kwaliteit van die leer wat mag plaasvind. Sosiaal-konstruktivistiese teoretici beklemtoon ook die interaksie tussen mense en situasies in die verkryging en verfyning van vaardighede en kennis. Volgens Corey (2009) berus die konstruktivistiese teorie op die volgende vier voorveronderstellings:

- Die sosiaal-konstruktivistiese teorie neem 'n kritiese standpunt in teenoor 'vanselfsprekende' kennis.
- Taal en konsepte wat gebruik word om die wêreld te verstaan is histories en kultureel spesifiek.
- Kennis word deur sosiale prosesse gekonstrueer.
- Sosiale konstrakte wat gevorm word, word beskou as praktyke wat sosiale lewe beïnvloed eerder as uitvloeisels daarvan.

Corey (2009:36) se uitgangspunt is dus dat knowledge and social action go together.

Vygotsky (1896-1934) was een van die eerste sielkundiges wat die kultuurkonteks in kinders se ontwikkeling beklemtoon het. Volgens Vygotsky (Louw, 2007) word 'n kind se

aanleer van 'n nuwe vaardigheid gerig deur 'n volwassene of ouer kind wat die voorbeeld stel en die leerervaring struktureer. Hierdie leer word volgens Louw (2007:27) die beste bereik in wat Vygotsky die **sone van proksimale ontwikkeling** noem:

Dit verwys na take wat te moeilik is vir 'n kind om alleen te doen, maar wat hy of sy met die hulp van 'n volwassene regkry.

Nog 'n vorm van onderrig wat deur Vygotsky se denke geïnspireer is, is **steierwerk**, wat verwys na tydelike hulp wat deur een persoon aan 'n minder vaardige persoon gebied word wanneer 'n nuwe taak aangeleer word.

2.1.3.4 Sosiaal-kognitiewe teorie van Bandura

Bandura (1986), wat algemeen as 'n sosiale leerteoretikus beskou kan word, het aangetoon dat gedrag deur waarneming aangeleer kan word (Meyer, Moore & Viljoen, 1988; Van der Walt, 2008). Bandura het hierdie teorie aanvanklik die sosiale leer-teorie genoem, maar volgens Louw (2007) het hy later besef dat kognitiewe faktore ook 'n rol speel en die naam na die sosiaal-kognitiewe teorie verander. Modellering (of waarnemingsleer) kan volgens Bandura (1986) slegs verklaar word as aanvaar word dat bepaalde verstandspesesse in die leerder self plaasvind. Die leerder behoort onder meer in staat te wees om die gedrag van 'n bepaalde model simbolies te verwerk en dit dan oor te dra na latere situasies waar dit nageboots kan word (Louw *et al.*, 1998). Die konsep '**selfdoeltreffendheid**' (kinders se geloof in hul eie vermoëns en potensiaal) speel ook 'n rol in hul besluit of hulle ander wil naboots of nie (Louw, 2007).

As deel van sy sosiale leerproses het Bandura die volgende vier elemente geïdentifiseer wat help om te verstaan hoe sosiale leer plaasvind (Louw & Edwards, 2003:251):

Die skenk van aandag aan en waarneming van die relevante aspekte van ander se gedrag.

Herinneringe aan die gedrag, in woorde en/of in verbeeldingsvoorstellings.

Oorskakeling van die gedrag uit die geheue na optrede.

Motivering om die waargenome gedrag uit te voer.

Die konstruktivistiese leerteorie van Piaget word vervolgens bespreek met spesifieke klem op die operasionele stadium.

2.1.3.5 Die konstruktivistiese leerteorie van Piaget

Volgens Cathcart *et al.* (2000) is Piaget een van die navorsers wat die ontwikkeling van konstruktivisme die meeste beïnvloed het. Jarvis (2005:18) verduidelik Piaget se bydrae soos volg:

Piaget's importance in education cannot be overstated, and many of the ideas we take for granted in modern education derive from his work, including the matching of conceptual difficulty of work to the age and ability of the learner and the role of active engagement on the part of the learner in effective learning.

Heddens, Speer en Brahier (2009:14) sluit hierby aan en beklemtoon eweneens Piaget se bydrae tot die leer van wiskunde:

An influential theory for interpreting mathematical learning has been that of the Swiss psychologist Jean Piaget ... [Piaget] made significant use of observation of children at play to determine a theory of how they learned. He considered the concept of 'operation' as fundamental to the development of knowledge.

Piaget (1973) het 'n aantal idees en konsepte voorgestel om die veranderings in logiese denke wat hy by kinders en volwassenes waargeneem het, te beskryf en te verduidelik (Omrod, 2003; Van der Walt, 2008).

Kinders konstrueer kennis uit hul ervarings. Hul kennis is nie beperk tot 'n versameling van geïsoleerde stukke inligting nie, maar hulle gebruik die inligting wat hulle versamel om 'n geheelbeeld te vorm van hoe die wêreld werk (dit is een rede waarom Piaget se teorie 'n konstruktivistiese teorie genoem word). Volgens Piaget se teorie organiseer kinders dit wat hulle leer en weet as skemas, dit wil sê groepe soortgelyke denke of optrede. Met ervaring word hierdie skemas aangepas en beter met ander skemas geïntegreer (Jarvis, 2005).

Kinders leer deur twee komplementêre prosesse, naamlik akkommodasie en assimilasie. Deur middel van die prosesse van **assimilasie** en **akkommodasie** word 'n nuwe gedagte wat verstaan word by 'n toepaslike, bestaande skema geïnkorporeer. Assimilasie en akkommodasie word deur Olivier (1989:11) soos volg omskryf:

Assimilasie – wanneer nuwe, maar steeds herkenbare idees teëgekomp word, kan hierdie idees direk by bestaande kennisstrukture geïnkorporeer word. Hierdeur word die bestaande skema uitgebrei en verruim. Akkommodasie – wanneer die nuwe idees baie verskil van die bestaande kennisstrukture, bestaan daar heel moontlik kennisstrukture wat relevant, maar nie heeltemal toereikend is nie, in welke geval 'n behoefte ontstaan om die bestaande kennisstruktuur te rekonstrueer en te herorganiseer.

Heddens *et al.* (2009:14) verduidelik op bondige wyse die rol van akkommodasie en assimilasie in 'leer':

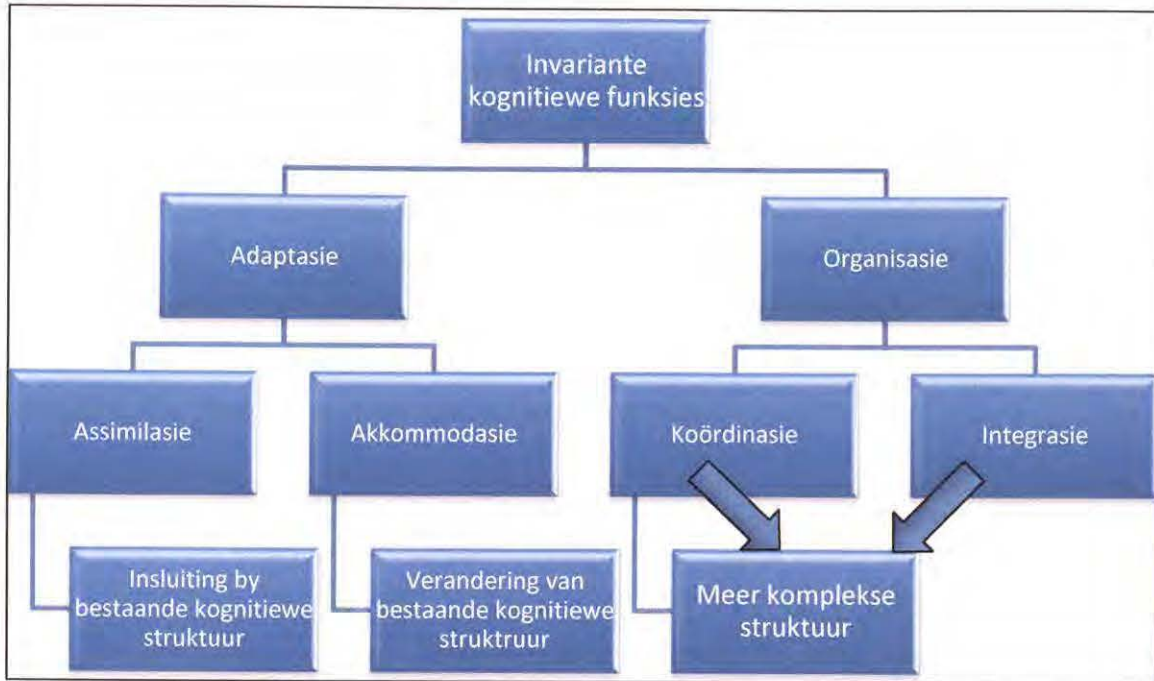
One might argue that learning could be defined as the recognition of personal disequilibrium, followed by the processes of accommodation and assimilation.

Bestaande kennisstrukture word nie verwyder nie, maar bly steeds daar as 'n onderdeel van die nuwe strukture. Dit impliseer dus dat kennisskemas of -strukture gedurig aan die verander is. Van der Walt (2008) omskryf die twee tipes akkommodasie wat kan voorkom soos volg: 'n Kind wil 'n bestaande skema aanpas om die nuwe voorwerp of gebeurtenis te akkommodeer of die kind sal 'n totale nuwe skema skep om daarby aan te pas. Effektiewe leer vind volgens Piaget (1976) plaas wanneer daar 'n balans of ewililibrium tussen die prosesse van assimilasie en akkommodasie bestaan.

Die balanseringsproses bring waarskynlik mee dat die kind vinniger na meer komplekse denke vorder. As kinders nuwe gebeure gemaklik met behulp van bestaande skemas kan verduidelik, verkeer hulle in 'n balanssituasie (Piaget, 1976). Hierdie balans hou egter nie vir altyd aan nie. Wanneer dit versteur word omdat die kind nie daarin kan slaag om met die bestaande skemas 'n gebeure te beskryf nie, ontstaan daar 'n verstandswanbalans. Dit vereis dat skemas vervang, herorganiseer of selfs beter geïntegreer moet word (deur akkommodasie) ten einde die nuwe gebeure te verstaan. Hierdie beweging van balans na wanbalans en terug na balans word 'balansering' genoem. Kinders se natuurlike strewe na balans bevorder die ontwikkeling van meer komplekse vlakke van denke en kennis. Dit staan ook bekend as 'organisasie'.

Ontwikkeling van die verstand kan steeds voorkom nadat geneties gekontroleerde neurologiese veranderings plaasgevind het. Piaget (1976) meen dat verstandsonwikkeling deels afhanklik is van die rypwording (volwassewording) van die brein. Dit is die rede waarom kinders nie soos volwassenes kan dink nie.

In Figuur 2.5 word Piaget (1976) se skematiese voorstelling van kognitiewe funksionering weergegee.



Figuur 2.5: Kognitiewe funksionering volgens Piaget (1976)

Bron: Piaget (1976) volgens Louw *et al.* (1998:76)

Die veranderende kognitiewe strukture (**adaptasie**) wat op die proses van **organisasie** volg, lei die kind deur Piaget se vier stadia van kognitiewe ontwikkeling, naamlik die sensories-motoriese denke, pre-operasionele denke, konkreet-operasionele denke en formele operasionele denke. Volgens Cathcart *et al.* (2000) wys navorsing daarop dat daar beduidende variasies bestaan in die ouderdomsgroepeerings wanneer 'n kind 'n nuwe stadium betree en word dit onder andere deur kulturele oorwegings beïnvloed.

Laratellin (1974:158) wys op die invloed van kultuur:

In certain societies we have found a delay of three to four years. Consequently the age at which those problems are solved is only relative to the society in question. What is important is the order of the succession. The mean chronological age is variable.

Piaget benadruk die feit dat sy ouderdomsindeling **uiters relatief** is. Alhoewel die ouderdom van sewe jaar aangegee word as die ouderdom waarop die kind getalkonservasie bemeester, is daar baie ander faktore wat konsepbemeestering vertraag. Piaget identifiseer vier faktore wat bepaal hoe vinnig die kind deur die verskillende stadia beweeg, naamlik volwassewording, ondervinding, sosiale oordrag en ekwilibrium. In hierdie studie word daar onder andere op die adolescent se wiskundeprestasie gefokus en daarom val die soeklig nou meer spesifiek op die kognitiewe ontwikkeling van die adolescent volgens Piaget se ontwikkelingsteorie.

2.1.4 Perspektief op die verskillende stadia in die kognitiewe ontwikkeling van kinders volgens Piaget se ontwikkelingsteorie, met spesifieke verwysing na adolessensie

Adolessensie is die oorgangstydperk tussen die kinderjare en volwassenheid. Dit kan dus gesien word as 'n ontwikkelingsbrug tussen kindwees en volwassewording. Volgens Louw (2007) is dit egter nie so maklik om adolessensie af te baken nie omdat die mees algemene kenmerke van adolessensie nie maklik gedefinieer kan word nie. Louw (2007:279) verduidelik die afbakening van adolessensie soos volg:

Afhangende van biologiese en sosio-kulturele faktore, asook individuele verskille, wissel die ouderdom waarop adolessensie as afsonderlike ontwikkelingstadium begin van 11 tot 13, terwyl die ouderdom waarop dit eindig tussen 17 en 21 is. Aangesien die ouderdomsgrense van adolessensie wissel, sou dit meer aanvaarbaar wees om die adolessente ontwikkelingstadium op grond van spesifieke fisiese en sielkundige ontwikkelingskenmerke en sosio-kulturele norme, in plaas van chronologiese ouderdom, af te baken.

Die kognitiewe veranderings wat tydens adolessensie plaasvind, is volgens Louw (2007:298) net so dramaties soos die liggaamlike veranderings wat tydens hierdie ontwikkelingstydperk voorkom.

Die veranderinge wat in kognitiewe ontwikkeling plaasvind, beïnvloed egter nie net adolessente se skoolprestasies nie, maar alle aspekte van hul lewens.

Volgens Piaget is kognitiewe ontwikkeling opeenvolgend, hiërargies, universeel en onomkeerbaar (Herbst, 1989). Piaget onderskei die volgende hoof fases in kinders se kognitiewe ontwikkeling: die sensories-motoriese stadium (vanaf geboorte tot ongeveer twee jaar oud), die pre-operasionele stadium (ongeveer twee tot sewe jaar oud) en die konkreet-operasionele stadium (ongeveer sewe tot elf jaar oud) (Kail & Cavanaugh, 2010).

2.1.4.1 Sensories-motoriese stadium

Volgens Barnard (1987), Louw (2007) en Papalia *et al.* (2009) duur die sensories-motoriese stadium vanaf geboorte tot ongeveer twee jaar. Babas en peuters eksploreer hul onmiddellike, ruimtelike omgewing visueel, ouditief en taktiel. Die aanvanklike bewegings is refleksbewegings, maar sonder werklike bewustheid van die situasie. Volgens Vrey (1979) neem die assimilasië- en akkommodasiehandelinge 'n aanvang en teen ongeveer een jaar begin nabootsing. Teen ongeveer twee jaar verskyn nuwe gedragswyses wanneer taal, handelinge en simboliese spel toon dat kinders die uitslag van hul handelinge verstaan voordat hulle dit uitvoer.

Louw (2007) beskryf die belangrikheid van 'n kind se bewuswording as die eienskap van voorwerp-**permanensie**. Permanensie is waar die kleuter besef dat 'n voorwerp onder die kussing is waar die ouer dit 'weggesteek' het, alhoewel hy/sy dit nie meer kan sien nie. Dit is veral van besondere belang vir die verwesenliking van wiskundige denke, en dien ook as voorloper tot die begrip **konservasie** wat soos volg deur Maree (1994:46) gedefinieer word:

Die vermoë om te konserveer, beteken dat die kind kan insien dat sekere eienskappe van objekte, soos lengte en aantal, konstant bly al verander ander eienskappe soos plek en die wyse waarop hulle gerangskik is.

2.1.4.2 Pre-operasionele stadium

Hierdie stadium duur van ongeveer twee tot sewe jaar oud. Daar word ook verder onderskei tussen die pre-konseptuele stadium (2-4 jaar) waarin veral taal en die simboliese funksies daarvan ontwikkel, en die intuïtiewe stadium (4-7 jaar) waartydens die kind al hoe meer gebruik maak van simbole. Louw (2007) identifiseer die volgende kenmerke van die voorskoolse kind se pre-operasionele denke:

- Persepsiegebonde denke: Die voorskoolse kind los probleme op op grond van wat duidelik en perseptueel uitstaan. So byvoorbeeld sal die kind dink dat mamma vir hom/haar baie meer kos gee om te eet as die vleis in stukkies gesny is. Die kind het nog nie 'n begrip van konservasie nie – die begrip dat materie van voorkoms kan verander sonder om van hoeveelheid te verander.
- Perseptuele sentrerings: Kinders in die pre-operasionele fase kan net een dimensie van 'n situasie op 'n slag waarneem en daarvolgens redeneer.
- Egosentrisme: Die voorskoolse kind ervaar dat almal op dieselfde manier dink, voel en waarneem as wat hy/sy dink. 'n Voorbeeld hiervan is as die klein kind in die een vertrek 'n prent teken en dan vir mamma in die kombuis vra of sy van die prentjie hou.
- Animisme: Die kind ken menslike emosies toe aan leweloze voorwerpe. Die klein kind se beertjie is hartseer of kwaad.
- Transduktiewe redenering: Die voorskoolse kind redeneer van een gebeurtenis na 'n volgende gebeurtenis en nie op 'n logiese wyse nie. Die kind sal redeneer dat dit reën sodat ons 'n sambreel kan gebruik.

Konservasie is een van die faktore wat die aanleer van Wiskunde in die pre-operasionele stadium beïnvloed. Kennedy *et al.* (2008) verduidelik dat die vermoë om te konserveer 'n kritiese kognitiewe mylpaal is. Konservasie is dan ook 'n belangrike voorwaarde vir die

beheersing van getalbegrip. Piaget en Szeminska het in 1967 reeds geredeneer dat daar 'n noue verband tussen rekenkundige vaardighede en rangskikking, konservasie en klassifikasie bestaan (Kingma & Koops, 1983). Konservasie word as 'n voorspeller van aanvanklike rekenkundige skoolprestasie beskou. Volgens Cathcart *et al.* (2000) word Piaget se konservasietake gebruik om die leerder se gereedheid vir die aanleer van 'n nuwe konsep in wiskunde te evalueer. Die konservasietake word ook gebruik om die opeenvolging van konsepte in kurrikulumsamestelling te bepaal.

2.1.4.3 Konkrete denke

Vir elke ontwikkelingsfase is daar 'n aanduibare aanvangspunt en 'n periode van suksesvolle uitvoering. Sodra die handeling suksesvol uitgevoer word, begin die volgende stadium (Vrey 1979). Operasionele denke ontwikkel tydens die fase van konkrete denke en kinders vorm drie soorte konsepte:

- Klassifikasie – kinders kan uit 'n versameling blokkies van verskillende kleure, dié met dieselfde kleure bymekaar plaas
- Ordening – hulle kan 'n aantal blokkies rangskik in volgorde van grootte
- Getal – hulle kan die getal sewe of sewe voorwerpe waarneem en begryp dan die verhouding van die aantal met ses en agt

Gedurende hierdie stadium kan kinders 'n begrip van die behoud van hoeveelheid, massa, oppervlakte, volume, lengte en getalgrootte vorm. Volgens Vrey (1979:164) kan bogenoemde drie konsepte slegs teen die einde van die fase doeltreffend hanteer word.

2.1.4.4 Formele operasionele denke

Volgens Louw (2007) begin jongmense nie net om soos volwassenes te lyk nie, maar ook om soos hulle te dink. Adollesente regoor die wêreld word met intellektuele uitdagings as deel van hul daaglikse lewe gekonfronteer. Die outeur wys voorts daarop dat die veranderings wat in kognitiewe ontwikkeling plaasvind, nie net die adollesent se skoolprestasie beïnvloed nie, maar alle aspekte van sy/haar lewe (Louw, 2007). Jarvis (2005:23) verduidelik dit soos volg:

As well as systematic abstract reasoning, formal operational thinking permits the development of a system of values and ideals, and an appreciation of philosophical issues.

Jarvis (2005) verwys verder na navorsing wat bevind het dat daar twee duidelik onderskeibare fases van nuwe breinontwikkeling tydens adollessensie voorkom:

- Die eerste fase behels die visueel-ouditiewe, visueel-ruimtelike en somatiese stelsels (tussen ongeveer 13-17 jaar).
- Die ander fase behels die frontale uitvoerende funksies (tussen ongeveer 17-21 jaar). Die volgehoue rypwording van die frontale lobbe tydens adolessensie hou verband met verskeie kognitiewe vermoëns, insluitend die vermoë om ontoepaslike inligting te verwerp, ingewikkelde hipotetiese argumente te formuleer, 'n komplekse taak te benader en 'n reeks stappe te volg om die taak te voltooi.

Papalia *et al.* (2009:372) verwys na die belangrikheid van toepaslike stimulasie:

Even if young people's neurological development has advanced enough to permit formal reasoning, they can attain it only with appropriate stimulation.

Piaget het die volgende eienskappe van formele operasionele denke geïdentifiseer (Louw, 2007:299-301):

- Hipoteties-deduktiewe redenering – verwys na Piaget se konsep dat adolessente die kognitiewe vermoë het om alternatiewe maniere of hipoteses te ontwikkel om 'n probleem op te los. In hipoteties-deduktiewe redenering is formeel-operasionele denkers in staat om van die algemene na die spesifieke te redeneer, met ander woorde, wanneer hulle 'n probleem het, begin hulle met 'n algemene hipotese of teorie van alle moontlike faktore wat die uitkoms kan beïnvloed en kom tot 'n gevolgtrekking oor wat kan gebeur.
- Propositionele denke – beteken dat formeel-operasionele denkers die logika van verbale stellings (proposisies) kan evalueer sonder om na werklike omstandighede te verwys. Byvoorbeeld, indien jy vir 'n konkreet-operasionele kind (d.w.s. 'n laerskoolkind) die volgende sou vra: 'Wat sal gebeur as mans babas kry?' kan jy waarskynlik verwarde of selfs geïrriteerde uitdrukkings en opmerkings soos die volgende te wagte wees: 'Hulle kan nie – vroue kry babatjies'. Die werklikheid is die basis van konkreet-operasionele denke. Formeel-operasionele denkers aan die ander kant verstaan dat die werklikheid nie die enigste moontlikheid is nie. Hulle kan alternatiewe werklikhede visualiseer en die gevolge ondersoek. Volgens Louw (2007) kan hulle hipotetiese redenering gebruik om die implikasies van fundamentele verandering in fisiese of biologiese wette te ondersoek.
- Kombinatoriese analise – verwys na die vermoë om verskillende moontlike kombinasies inherent aan 'n probleem te organiseer. Dit beteken dat die adolessente leerder as 'n formeel-operasionele denker in staat is om die effekte van etlike veranderlikes in 'n eksperimentele situasie te skei deur al die faktore, behalwe een,

konstant te hou. Dus analiseer die adolessent al die moontlike kombinasies van veranderlikes (faktore) om seker te maak dat al die moontlike waardes van al die moontlike veranderlikes inherent aan die probleem ondersoek sal word. Louw (2007) verduidelik dat konkreet-operasionele denkers veranderlikes lukraak op 'n probeer-en-tref-manier toets.

- Relatiewistiese denke – konkrete denkers glo dat daar absolute regte antwoorde vir alles bestaan en dat die antwoord aan 'n gesag bekend is – dit word realisme genoem. Die formeel-operasionele denker herken die subjektiewe konstruksie van kennis en die moontlikheid dat dieselfde feite verskillend geïnterpreteer kan word. Volgens Louw (2007:301) is gedagtes relatief. Hierdie verandering word veroorsaak deur die ontwikkelende vermoë om die perspektief van die ander persoon aan te neem, nie net in terme van te sien wat die ander persoon sien nie, maar ook in terme van wat die ander persoon dink.

Die vermoë om relatiewistiese denke toe te pas ontwikkel geleidelik tydens adolessensie. Jong adolessente neig om meer dualisties/tweeledig te wees. Dualistiese denke verwys na die denkwysie dat 'n antwoord óf reg óf verkeerd is, en dat daar geen ander moontlikhede is nie.

Newman en Newman (2003) (in Louw, 2007:301) identifiseer ses konseptuele vaardighede wat tydens die fase van formele denke ontwikkel. Elk hiervan beïnvloed adolessente se benadering tot interpersoonlike verhoudings, die formulering van persoonlike beplanning en die analisering van wetenskaplike en wiskundige inligting:

- Adolessente is in staat om verstandelik meer as twee kategorieë veranderlikes gelyktydig te manipuleer. Hulle kan byvoorbeeld die verhouding tussen spoed, afstand en tyd oorweeg wanneer hulle 'n reis begin.
- Hulle is in staat om aan veranderings te dink wat met tydsverloop plaasvind, byvoorbeeld dat hul huidige vriendskappe nie noodwendig dieselfde sal wees in die toekoms nie.
- Adolessente kan 'n logiese reeks van moontlike gebeurtenisse hipotetiseer. Hulle is byvoorbeeld in staat om die verwantskap tussen hul akademiese prestasies op skool, universiteit en moontlike beroepsopsies te identifiseer.
- Hulle is in staat om die gevolge van hul aksies te voorsien en besef byvoorbeeld dat indien hulle hul skool- of universiteitstudies staak, sekere beroepsmoontlikhede nie tot hul beskikking sal wees nie.

- Hulle het die vermoë om die logiese konsekwentheid of inkonsekwentheid in 'n reeks stellings vas te stel. Hulle kan die waarheid van 'n stelling toets deur bewyse te vind wat dit ondersteun of verkeerd bewys.
- Adollesente kan op relativistiese wyses aan hulself, ander individue en die wêreld dink. Dit beteken dat hulle toenemend ander se standpunte en waardes kan aanvaar, want hulle besef dat mense die produk van samelewings en kulture met verskillende norme en waardes is.

Louw (2007:303) beskryf die effek van die adollesent se kognitiewe vermoëns op sekere areas van hulle ontwikkeling:

Kognitiewe ontwikkeling in adollesensie funksioneer as 'n organisatoriese kern wat alle areas van denke, ongeag die onderwerp beïnvloed. Kognitiewe ontwikkeling beïnvloed dus ook 'n wye reeks van ander aspekte van ontwikkeling, van gesinsverhoudings en vriendskappe tot skoolprestasies en risiko gedrag.

Kail en Cavanaugh (2010:310) sluit hierby aan en maak die volgende stelling ten opsigte van die adollesent se metakognitiewe ontwikkeling:

As children move into adolescence, they acquire adult like levels of knowledge and understanding in many domains. ... As their content knowledge increases, adolescents also become much better skilled at identifying strategies appropriate for a specific task, then monitoring the chosen strategy to verify that it is working.

Kail en Cavanaugh (2010:212) verwys ook na die ontwikkeling van metakognisie tydens adollesensie:

Metacognitive knowledge grows rapidly during the elementary school years. ... One of the most important features of children's metacognitive knowledge is their understanding of the connection among goals, strategies, monitoring, and outcomes.

Piaget se teorie is konstruktivisties van aard omdat dit onder andere aanneem dat leerders hul konsepte op die wêreld toepas om dit te verstaan. Mwamwenda (2004:84) verduidelik die konstruktivistiese aard van Piaget se teorie soos volg:

Piaget's theory attempts to give a comprehensive explanation of the child's world and how he or she understands and interprets it.

Hierdie konsepte is nie aangebore nie, maar word eerder verkry deur kinders se normale ervarings. Inligting vanuit die omgewing word nie outomaties ontvang nie, maar word volgens die leerder se heersende verhaalstrukture geprosesseer. Kinders verstaan hul omgewing en konstrueer die werklikheid op grond van hul huidige vermoëns. Schunk (2000) verduidelik voorts dat hierdie basiese konsepte dan tot meer gesofistikeerde sienings ontwikkel namate ervarings toeneem.

Piaget verwerp die stelling dat sekere leerders bloot 'n aanleg vir Wiskunde het en daarom beter presteer (Piaget, 1974:44):

The so-called aptitude for mathematics may very well be a function of the student's comprehension of that language itself, as opposed to that of the (mathematical) structure it describes. ... Moreover, since everything is connected in an entirely deductive discipline (such as mathematics), failure or lack of comprehension of any single link in the chain of reasoning causes the student to be unable to understand what follows.

Die konstruktivistiese standpunt, soos gehuldig deur Piaget en Skemp (Ashlock *et al.*, 1983), kan kortliks soos volg opgesom word: Kennis kan nie op 'n rekenaarmatige wyse van een persoon na 'n ander oorgedra word nie. Die kind neem aktief deel aan die leerproses.

Ten slotte kan dit gestel word dat Piaget kennis nie as 'n voorafbepaalde, ontvouende en innerlike proses beskou nie. Kennis en intelligensie ontstaan nóg by die leerder nóg by die omgewing, maar wel as gevolg van interaksie tussen die twee.

2.1.4.5 Die implikasies van Piaget se teorie vir die leer van wiskunde

Piaget se teorie het belangrike implikasies vir die opvoedkunde in die algemeen en wiskunde in die besonder gehad. Sy teorie impliseer dat daar vir die 'regte' ontwikkelingsfase gewag moet word vir die aanleer van konsepte. Volgens Piaget kan ontwikkeling nie verhaas word deur kinders bloot te stel aan ervaring en selfs inoefening van vaardighede nie (Calitz, 1994). De Wet, Van Zyl en Du Toit (1979) stel dit egter dat doelgerigte kognitiewe opvoeding kinders vinniger deur die verskillende stadia kan laat beweeg.

Barnard (1987) beweer dat elke kognitiewe struktuur op voorafgaande strukture gebou word sodat spronge ten opsigte van opeenvolgende stadia van kognitiewe ontwikkeling nie moontlik is nie. Verder beweer hy ook dat die stadia mekaar in vaste orde opvolg en elke ontwikkelingsfase op redelik voorspelbare ouderdomme bereik word.

Alhoewel Piaget se uiteensetting van kognitiewe ontwikkeling 'n belangrike rol in die opvoedkunde speel, is daar ook heelwat navorsers, veral in wiskunde, wat sekere teorieë van Piaget weerspreek. So wys Boulton-Lewis (1987) daarop dat deel van die ontnugtering in kognitiewe navorsing moontlik die gevolg is van Piaget se resultate en die navorsing wat dit tot gevolg gehad het. Hy beweer dat daar in die sestiger- en sewentigerjare gepoog is om Piaget se kognitiewe strukturele raamwerk te gebruik in die ontwerp van wiskundekurrikula en verwoord die gevolg hiervan soos volg (Boulton-Lewis, 1987:331):

The effects still persist in many state curricula in Australia and have caused a certain laissez-faire approach to teaching mathematics to young children in particular. Biggs and Collins (1982) noted that it led to beliefs, for example, that teachers of young children should wait, and only provide informal pre-number games and activities, until a “point of readiness” was reached.

Boulton-Lewis (1987:330) beklemtoon dat Piaget se teorie nie direk op wiskunde-onderrig toegepas kan word nie, en lewer die volgende kritiek:

They (Piaget tests) showed the approximate ages at which children possess the logical structure to succeed on a particular task. They present a picture of deficits in the thinking of pre-operational children. They do not show the preliminary skills and knowledge in each of the areas of mathematics that children possess before they succeed on a particular task.

Die opvoeder moet dus, veral met betrekking tot Wiskunde, kyk na die kennis waaroor jong kinders wel beskik en daarop voortbou.

Piaget se siening oor leer en sy beskouing van die kognitiewe stadia in die ontwikkeling van 'n kind is 'n belangrike fokuspunt in hierdie studie. Mwamwenda (2004:84) verduidelik Piaget se bydrae tot die verstaan van kinders se kognitiewe ontwikkeling met die volgende stelling:

Piaget has made possibly the greatest contribution to our understanding of a child's cognitive development. His theory merits a special place in our consideration of children, on the grounds that it stands as a massive and carefully documented analysis of one aspect of human development. ... it is based on an international approach in its consideration of the role of maturational, biological and environmental factors; ... it is evident that the theory is universal in its application; ... it has educational implications for teachers at all levels of education.

Mwamwenda (2004:84) wys egter daarop dat Piaget se fokus as 'stereotipes Westers' beskou kan word aangesien Piaget baie klem op deduktiewe redenasie plaas:

he [Piaget] is making a value judgement which is characteristic of modern, western, scientific society – and with which other cultures would not necessarily agree.

Samevattend definieer Gutkin en Reynolds (2009:67) die wesensaard van die konstruk 'leer' volgens die verskillende teorieë soos volg:

Learning is a change in a learner's knowledge (Mayer, 2001). It associates also with change in what we do, where “doing” has implied knowledge. But there is great diversity in explanations of the phenomena of learning because of ripening theory about what “change” is and how it might be observed, about metaprocesses that guide thinking and doing in the acquisition and utilization of knowledge and about whether and how participatory practices and social factors complement individual processes in learning.

Leer is dus in wese 'n verandering in die leerder se kennis en daar bestaan verskeie omskrywings van die konsep 'leer', asook watter metaprocesse hierdie denke rig.

Volgens Jarvis (2005) is metakognisie die konsep wat huidige navorsing rakende leer die meeste oorheers. Bransford, Brown en Cocking (2000) beklemtoon in hul samevatting van onlangse navorsingsbevindings oor leer, leerders, onderwysers en onderrig onder meer die belangrikheid van 'n metakognitiewe benadering tot leer. Gutkin en Reynolds (2009:67) beweer die volgende:

In behavioral, cognitive, and situational theories ... learning is distinguished from what we gain through development, and in cognitive theory and cognitive-situative theory, metacognition has become a key tenet.

'n Metakognitiewe benadering tot onderrig, volgens Gutkin en Reynolds (2009), help leerders om verantwoordelikheid vir hul eie leer te neem deur leerdoelwitte te stel en hul vordering in die bereiking van hierdie doelwitte te monitor. Daar word vervolgens gefokus op die konsep metaleer.

2.1.5 Metaleer

2.1.5.1 Begripsomskrywing

In die begin van die sewentigerjare het 'n verskeidenheid 'meta-woorde' in die literatuur oor menslike ontwikkeling hul verskyning gemaak. Thomas (2000:14) verduidelik hierdie verskynsel soos volg:

metatheory, metamemory, metacognition, meta-analysis, metalearning, metaperception, metaprinciples, and more. This rash of neologisms has caused some confusion, since authors often fail to explain how they intend such terms. ... In contemporary human development literature the prefix 'meta' is most often intended to mean 'an analysis of' or 'knowledge about' the subject to which the prefix is attached.

Die konsep metaleer het in die sielkunde via twee ander terme, naamlik kognisie en metakognisie, ontstaan (Kriek, 1996:73). Die term metakognisie is in 1970 deur Flavell gebruik en hy beskryf dit soos volg:

"Metacognition" refers to one's knowledge concerning one's own cognitive processes and products or anything related to them e.g. the learning-relevant properties of information or data. For example I am engaging in metacognition ... if I notice that I am having more trouble learning A than B; if it strikes me that I should double-check C before accepting it as a fact.

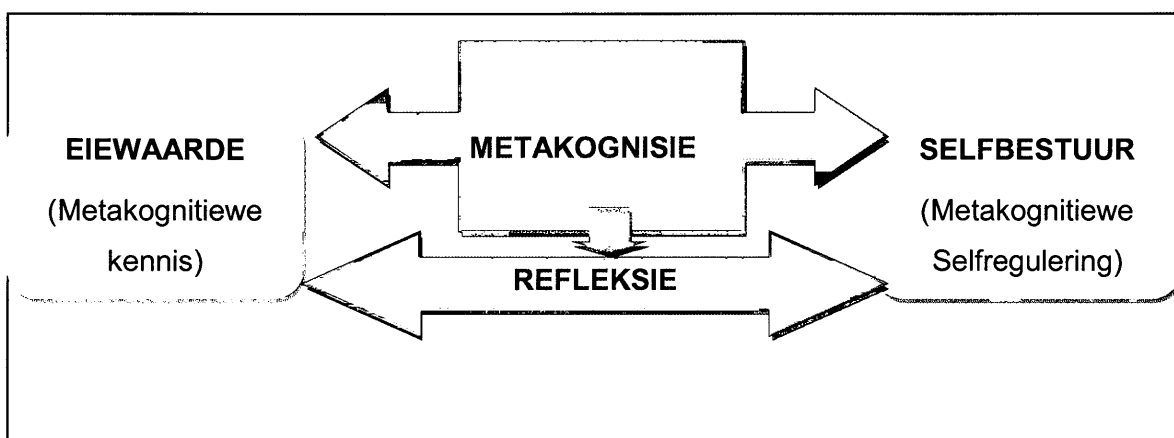
Volgens Jarvis (2005) kan metakognisie as een van die belangrikste konsepte in temporêre navorsing en ontwikkeling van kritiese denke gesien word. Die konsep metakognisie word nou verder belig.

2.1.5.2 Metakognisie

Sielkundiges sowel as opvoedkundiges stem saam oor die belangrikheid daarvan om metakognisie in klaskamers te implementeer, maar daar bestaan groot verskille onder navorsers oor hoe die term gedefinieer behoort te word (Alexander, Schallert & Hare, 1991). Brown, Bransford, Ferrara, en Campione (1983), asook Van der Walt (2008) beskryf metakognisie as 'n breë konsep wat gebruik word om te verwys na 'n verskeidenheid epistemologiese prosesse wat moeilik is om te begrens. Gavalek en Raphael (1985) definieer die begrip weer as 'n individu se vaardigheid om kognitiewe aktiwiteite aan te pas om beter te 'verstaan'. Volgens Gibbons (2002) en Thomas (2000) is metakognisie 'n proses waarvolgens individue nadink oor wat hulle weet, wat hulle besig is om te doen, die denkprosesse wat daarmee gepaardgaan en hoe die voorgenoemde prosesse 'leer' kan bevorder. Volgens hierdie outeurs fasiliteer metakognisie effektiewe denke en effektiewe leer deurdat metakognisie gereelde kontrole, doelwitstelling, herwaardering van wat gedoen is of waarmee besig is, asook die evaluering van uitkomst bevorder. Brown en Palinscar (1982) verwys na hierdie proses as 'n 'selfbewustheid' (*self-awareness*) én monitering van hoe kognitiewe prosesse in die brein plaasvind.

Paris en Winograd (1990) verwys op hul beurt na selfwaardering (*self-appraisal*) en selfbestuur (*self-management*) van kognisie as twee eienskappe wat by metakognisie ingesluit word. Selfwaardering is persoonlike refleksies deur leerders ten opsigte van hul eie kennis en vaardighede, hul affektiewe siening van hul eie kennis, vermoëns, motivering en eienskappe as leerders. Sulke refleksies verskaf inligting aangaande leerders se kennis en die denkprosesse wat hulle volg om besluite te neem oor wanneer en hoe om (kennis-) strategieë te gebruik. Selfbestuur verwys na metakognisie in aksie. Met ander woorde, dit is die verstandprosesse wat help om aspekte van probleemoplossing te bestuur. Dit omvat die planne wat die leerder maak voordat die probleem opgelos word, die aanpassings wat gedurende die oplossing van die probleem gemaak word, asook die hersiening van die oplossing aan die einde van die taak. Metakognisie is dus 'n hoër vlak van kognitiewe prosessering omdat dit verwys na doelbewuste besluite ten opsigte van welke kognitiewe prosesse en strategieë in sekere situasies gebruik moet word, eerder as bloot kognitiewe vaardighede wat by inligtingverwerking ingeskakel word (Boekaerts, 1997). Sigelman en Rider (2009:225) verduidelik metakognisie as *knowledge of the human mind and of the range of cognitive processes*. Bransford, Brown en Cocking (2000:21) beskryf die konsep

metakognisie as *the ability to monitor one's current level of understanding and decide when it is not adequate*. Metakognisie is volgens Jarvis (2005) 'n baie simplistiese konsep maar impliseer 'n komplekse en gevorderde kognitiewe proses. Die outeur stel dit dat *at its simplest, metacognition can be defined as the process of thinking about our own thinking*. Metakognisie bestaan volgens bogenoemde omskrywings uit twee verwante stelle komponente, naamlik **eiewaarde** van 'n persoon se kognitiewe prosesse en **selfbestuur** van 'n persoon se eie denke (Jacobs & Paris, 1987; Schunk, 2000). Refleksie (reflektiewe denke) vorm die skakel tussen metakognitiewe kennis en metakognitiewe selfregulering (selfbestuur) en deur refleksie word bestaande kennis gebruik om nuwe kennis te bekom (sien Figuur 2.6).



Figuur 2.6: Komponente van metakognisie

Bron: Saamgestel uit Jacobs en Paris (1987); Schunk (2000)

i Eiewaarde as komponent van metakognisie

Eiewaarde word beskryf in terme van metakognitiewe kennis omdat dit vrae soos die volgende beantwoord: wat die leerder weet, hoe die leerder dink, wanneer en hoe die leerder sekere strategieë toepas (Jacobs & Paris, 1987; Paris & Winograd, 1990; Reynolds, 2006). Vir die doel van hierdie studie sal die term 'metakognitiewe kennis' gebruik word. Metakognitiewe kennis bestaan uit die volgende:

- *Strategiese kennis*: Dit sluit in 'n bewustheid van verskeie strategieë wat leerders gebruik om inligting te memoriseer en om te verstaan wat die onderwyser in die klas verduidelik, asook wat die leerder in boeke lees (Pintrich, 2002). Volgens Reynolds (2006) is dit kennis oor hoe om kognitiewe aktiwiteite te verrig, watter kennis nodig is om doelwitte te bereik en hoe om vaardighede toe te pas en te gebruik. Hierdie insluit van bewustheid van kognitiewe prosesse is volgens die outeur 'n fundamentele aspek van metakognisie. Jacobs en Paris (1987) asook Schunk

(2000) wys daarop dat strategiese kennis vereis word vir die oplos van wiskunde probleme en die opsomming van inligting.

- *Kennis oor kognitiewe take:* Pintrich (2002) wys daarop dat, net soos leerders oor kennis van verskeie strategieë beskik, hulle ook oor kennis van kognitiewe take het. Namate leerders meer kennis oor verskillende denk- en leerstrategieë verwerf, reflekteer hulle oor 'wat' om te doen en 'hoe' om die verskillende strategieë toe te pas. Volgens die outeur is die kennis egter nie genoeg vir doeltreffende oplos van wiskunde probleme nie en moet leerders ook hul kennis ontwikkel van 'wanneer' om die strategieë te gebruik en 'hoekom'.
- *Selfkennis:* Hierdie tipe kennis verwys na die kennis wat die leerder oor sy eie sterk- en swakpunte het. Die leerder wat weet wat sy swakpunte en sterkpunte is, het 'n effense mate van metakognitiewe selfkennis. Volgens Pintrich (2002) is een van die kenmerke van die strategiese leerder die feit dat hy/sy die vermoë het om te weet wanneer hy/sy nie oor genoeg kennis beskik om 'n probleem op te los nie en 'n plan moet maak om die kennis te bekom.

Volgens Reynolds (2006) sluit eiewaarde die gebruik in van geheuetegnieke, organisering van inligting, vorming van assosiasies en die tegnieke van notas neem. Leerders moet dus verstaan watter strategieë en bronne om te gebruik wanneer hulle 'n wiskunde probleem wil oplos. verduidelik Die kennis wat leerders het oor wiskundige strategieë en bronne word volgens Reynolds (2006) geïdentifiseer as eiewaarde. Eiewaarde verwys dus na wat die leerder weet en verstaan oor 'n gegewe taak en sluit die leerder se eie vaardigheid of kennis in, of dit kan 'n evaluering van die taak of die oorweging van strategieë insluit wat gebruik kan word.

Metakognitiewe kennis verwys dus na leerders wat metakognitief van hulself as leerders bewus is en strategieë het om uit te vind, of uit te dink, wat hulle moet doen wanneer hulle gekonfronteer word met 'n taak wat nie roetine oplossingsprosedure(s) verg nie. Die gebruik van metakognitiewe strategieë aktiveer die **leerder se denke**, wat tot meer diepgaande leer en verbeterde prestasie kan lei (Anderson, 2002). Die verstaan van en **kontrole oor kognitiewe prosesse** is van die belangrikste vaardighede wat die fasilitering van leer in die klaskamer kan ondersteun.

Metakognitiewe kennis of oortuigings word verkry deur ervarings en word in die langtermyngeheue gestoor onder 'sake rakende die menslike verstand en die werking daarvan' (Papaleontlou-Louca, 2003). Hierdie kennis handel oor faktore en veranderlikes se optrede en interaksies wat die uitkoms of rigting van kognitiewe take beïnvloed. Vervolgens word 'n kort oorsig oor die aard van metakognitiewe selfregulering gegee.

ii *Metakognitiewe selfregulering (Selfbestuur)*

Schunk (2000) verwys na *selfbestuur* as die aksies wat die leerders uitvoer terwyl hulle besig is om 'n probleem op te los. 'n Leerder moet dus weet hoe en wanneer om die strategieë te gebruik. Ertmer en Newby (1996) en Jacobs en Paris (1987) definieer *metakognitiewe selfregulering* as denkwatrigteite/handeling wat leerders help om hul eie denke tydens die leerproses te kontroleer. *Selfregulering* stel die hoogste vlak van metakognitiewe aktiwiteit voor wat tot gevolg het dat kognitiewe hulpbronne soos aandag beter aangewend, strategieë beter geïmplementeer en bewustheid van hul verstaan beter benut word (Schraw & Moshman, 1995 in Van der Walt, 2008). Beplanning, monitering en evaluering wat as aktiwiteite wat onder selfregulering ressorteer, word vervolgens ondersoek en uitgelig.

- **Beplanning** – beteken dat die leerders 'n toepaslike strategie uit bepaalde beskikbare strategieë kies en hulpbronne (tyd, moeite, aandag, ens.) daaraan toewys, wat prestasie beïnvloed. Volgens Schraw en Moshman (1995) vind hierdie beplanning plaas voordat leerders begin om die probleem op te los. Leerders behoort te kan **voorspel** wat die moeilikheidsgraad van spesifieke wiskunde-take is ten einde in staat te wees om toepaslik te konsentreer, strategieë te kies en met die taak te volhard.
- **Monitering** van leer is volgens Van der Walt (2008:77) 'n komplekse optrede. Die outeur verduidelik dit soos volg:

*Wanneer leerders **tydens** die uitvoering van 'n taak of die oplossing van 'n probleem **deurentyd bewus** is van hul eie verstaan van die taak/probleem, hul eie vordering en hoe goed/swak die taak/probleem afgehandel/opgelos word, word dit monitering genoem.*

- **Evaluering** verwys na die proses waartydens geassesseer word in watter mate bepaalde uitkomstebereik is en leerders se eie leer gereguleer word (Schraw & Moshman, 1995). Die leerder assesseer dus eensyds die toepaslikheidsprosesse wat hy/sy geïmplementeer het en andersyds die mate waarin bepaalde uitkomstebereik is.

Refleksie word deur Van der Walt (2008) as die **belangrikste** aspek van *metakognisie* beskou.

iii *Refleksie as sleutelaspek van metakognisie*

Reflektiewe denke transformeer kennis wat **tydens** die probleemoplossing en **ná** voltooiing van die taak/probleem verwerf is tot kennis wat beskikbaar is **vir** 'n volgende taak/probleem

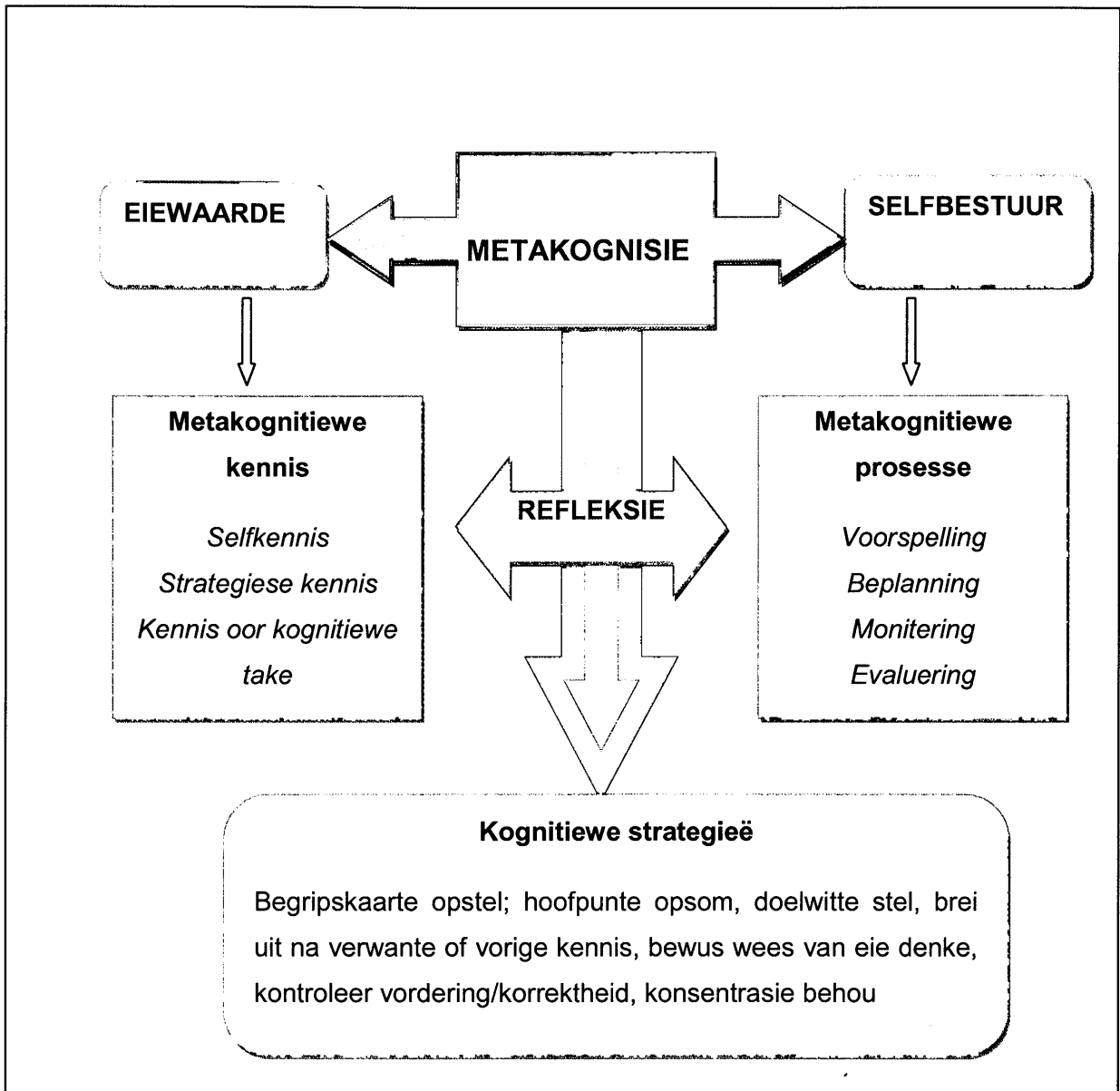
(Ertmer & Newby, 1996). Reflektiewe denke benut bestaande kennis om nuwe kennis te bekom en is die **skakel** tussen metakognitiewe kennis en metakognitiewe selfregulering.

Die verband tussen metakognisie en effektiewe leer word dus duidelik beklemtoon. Volgens Slabbert (1988:107) is metaleer die spil waarom alle leer draai en is dit die enkele faktor wat swak leerders van goeie leerders onderskei. Hy beskryf dit as die leerder se vermoë om sy/haar eie leer te monitor in ooreenstemming met die vereistes van die leertaak en om dienooreenkomstig te handel, dit wil sê om die leertaakeise te herken en om die leerproses effektief te beheer of bestuur.

Volgens Nisbet en Schucksmith (1986) spoor metaleer leerders aan om 'n meer aktiewe rol tydens leer te speel deur hul eie leeraktiwiteite te bepaal, eerder as om passief op instruksies te wag. Brown (1987:124) identifiseer die volgende voordele van metaleer:

Gevolgtik sal 'n leerder wat metaleer implementeer noodwendig 'n effektiewe en produktiewe leerder word wat in staat is om outonoom en selfgerig te kan leer en aan die eise van leertake te kan voldoen.

In Figuur 2.7 verskyn 'n skematiese voorstelling van die komponente van metakognisie.



Figuur 2.7: Skematiese voorstelling van die komponente van metakognisie

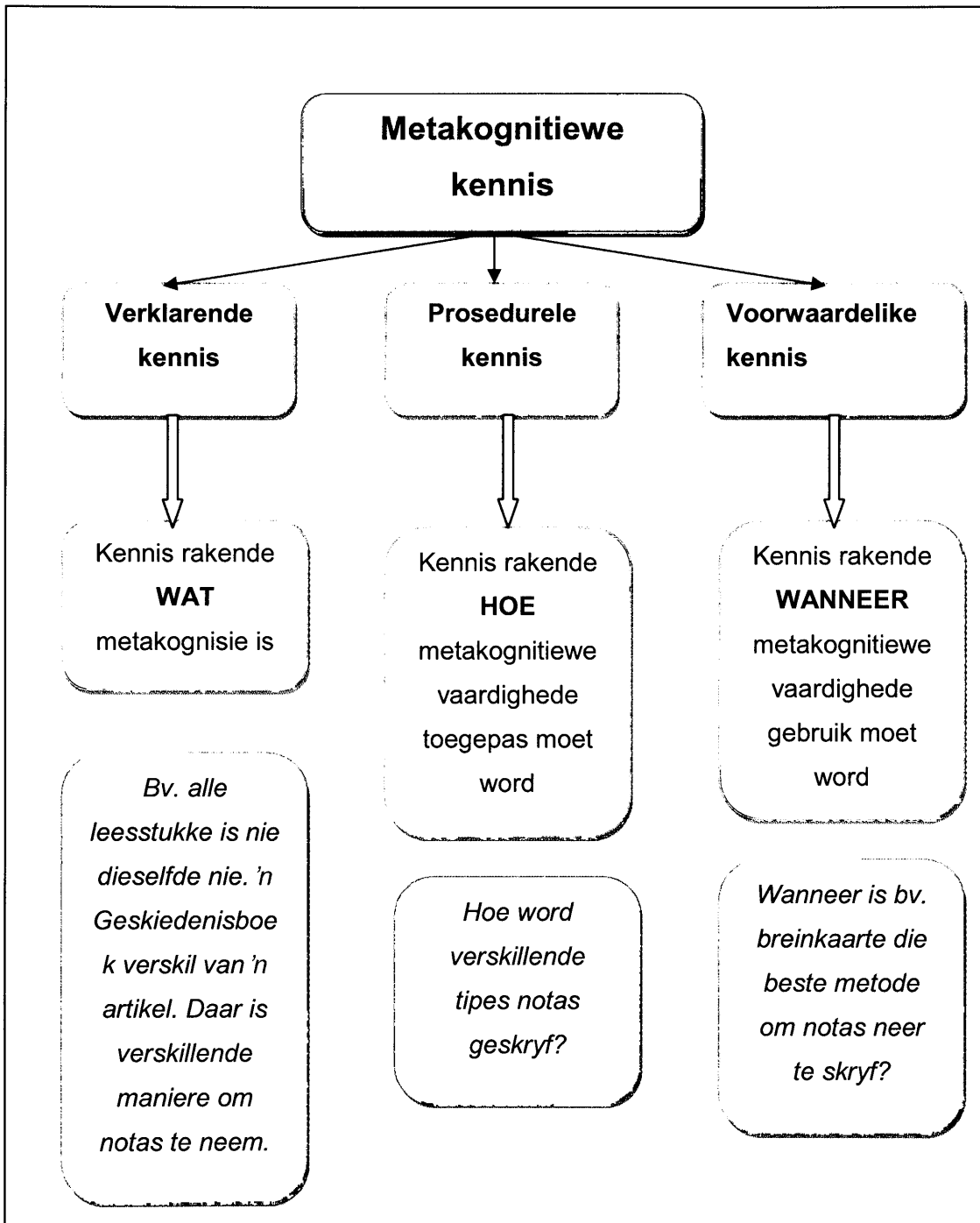
Bron: Saamgestel uit Ertmer en Newby (1996); Eloff *et al.* (2004); Schraw (1998); Reynolds (2006); en van der Walt (2008)

Vir die doel van hierdie studie sal my werksdefinisie van metakognisie die volgende wees: Metakognisie is 'n multidimensionele stel vaardighede wat uit twee hoofkomponente, naamlik metakognitiewe kennis en metakognitiewe selfregulering bestaan. Refleksie (reflektiewe denke) vorm die skakel tussen metakognitiewe kennis en metakognitiewe selfregulering en deur refleksie word bestaande kennis gebruik om nuwe kennis te bekom.

Daar kan volgens Cross en Paris (1988) voorts tussen drie tipes metakognitiewe kennis onderskei word.

2.1.5.3 Tipes metakognitiewe kennis

Volgens Peirce (2003) het 'n leerder drie tipes metakognitiewe kennis nodig om die leerproses doeltreffend te reguleer. Die onderlinge samehang tussen hierdie drie tipes metakognitiewe kennis word soos volg deur die outeurs uitgebeeld:



Figuur 2.8: Tipes metakognitiewe kennis

Bron: Saamgestel uit Cross & Paris (1988); Schraw & Moshman (1995); Peirce (2003)

Cross en Paris (1988) en Peirce (2003) benadruk dat 'n leerder al drie tipes metakognitiewe kennis nodig het om sy/haar leer effektief te reguleer. Volgens Maree (1992) het die feit dat metaleer die leerproses stuur, beheer en rig, besondere betekenis vir die aanleer van wiskunde. Leerders wat hul eie wiskundige aktiwiteite beplan, monitor en evalueer se hoërorde-leerhandelinge sal hul laerorde-leerhandelinge beheer en sinvolle, effektiewe leer sal plaasvind.

Die belangrikheid van metakognisie vir skoolprestasie word wyd in die literatuur bespreek (Van der Walt, Maree & Ellis, 2008). Metakognitiewe strategieë en motivering speel 'n ewe belangrike rol. Kuhn (2000:72) stel die belangrikheid van metakognisie in die studie van kognitiewe ontwikkeling soos volg:

In sum, competence in metaknowing warrants attention as a critical endpoint and goal of childhood and adolescent cognitive development. ... There would seem few more important accomplishments than people becoming aware of and reflective about their own thinking and able to monitor and manage the way in which it is influenced by external sources, in both academic work and personal life settings. Metacognitive development is a construct that helps to frame this goal.

In die volgende afdeling verskuif die fokus na die rol van metakognisie in akademiese prestasie, asook onderrig en leer.

2.1.5.4 Die verband tussen metakognisie en wiskundeprestasie, asook tussen metakognisie en onderrig en leer

Die verband tussen metakognisie en sukses in wiskundeprobleemoplossing word ook deeglik bespreek in die internasionale literatuur (Artzt & Armour-Thomas, 1992; Carr & Biddlecomb, 1998; Davidson & Sternberg, 1998; Garofalo & Lester, 1985; Pintrich, 2002; Schunk, 2000; Van der Walt, 2008). In hul studie waar sommige leerders (IMPROVE) metakognitiewe opleiding gekry het, bevind Mevarech en Amrany (2008:147-157) soos volg:

IMPROVE (students who have received meta-cognition instruction) students outperformed their counterparts on mathematics achievement and regulation of cognition, but not on knowledge about cognition. Furthermore, during the matriculation exam, IMPROVE students executed different kinds of cognitive regulation processes than the control students.

Metakognisie is 'n sterk voorspeller van probleemoplossingsvaardighede in wiskunde (Uwazurike, 2010; Kramarski & Mevarech, 2003). In 'n internasionale studie deur Chiu, Chow en McBride-Chang (2007:344-365) is daar op die adolessent se leerstrategieë in wiskunde, wetenskap en leesvermoë gefokus. Die outeurs het die volgende bevindings gemaak:

Students who reported using memorization strategies often scored lower in all subjects. ... students reporting greater use of metacognition strategies often scored higher in mathematics.

Wagner en Sternberg (1984) redeneer dat metakognitiewe vaardighede tydens onderrig beklemtoon moet word omdat

- metakognitiewe kennis en vaardighede nodig word vir die effektiewe benutting van kognitiewe vermoëns;
- leerders aanwysings dikwels blindelings volg (hulle het nie die gewoonte aangeleer om hulself te bevraagteken nie en hulle is ook nie bewus van hul eie denke nie; hierdie aspek lei juis tot oneffektiewe prestasie tydens intellektuele take);
- leerders met die minste metakognitiewe vaardighede blykbaar geen idee het van wat hulle doen of waarom hulle dit doen wanneer hulle 'n taak uitvoer nie; en
- metakognitiewe kennis en vaardighede, so belangrik as wat dit is, nooit in die meeste leerareas van die kurrikulum onderrig of aangeleer word nie.

Cardelle-Elawer (1995) onderskei drie redes waarom metakognitiewe strategieë nodig word:

- Metakognitiewe denke stimuleer en ontwikkel leerders se denke om insigte oor hul eie verstandprosesse te verwerf.
- Wanneer leerders hul eie denke beoordeel, rig en lei dit hul aktiwiteite tydens probleemoplossing.
- Die klaskameromgewing word 'n plek waar interaksie en ondersoekende houdings aangemoedig word deur middel van besprekings tussen onderwysers en leerders. Hierdie besprekings sluit nie net in **wat** geleer moet word nie, maar ook **hoe** en **hoekom** geleer moet word.

Uwazurike (2010) stel dit dat die opgaaf aan die skool en onderwysers ten opsigte van metakognisie die volgende behels:

- Die instel van programme wat ten doel het om leerders te leer hoe om metakognitiewe vaardighede en strategieë te ontwikkel sodat hulle inligting en konsepte suksesvol kan bemeester en nie net poog om 'goed' te doen nie.
- Onderwysers behoort onderrig tegnieke te gebruik wat inligting op so 'n wyse vir die leerder voorhou dat die bemeestering en ontwikkeling van metakognitiewe strategieë bevorder kan word.

Die hoofdoel van die onderrig- en leersituasie behoort nie op blote memorisering gefokus te wees nie, maar eerder op die bevordering en ontwikkeling van kreatiwiteit, die aanleer van nuwe vaardighede en veral begrip en insig, sodat onafhanklike, reflekerende en outonome leer en oordrag kan plaasvind.

Laskey en Hetzel (2010) het bevind dat daar 'n verband tussen die afwesigheid van metakognisie en hoërisikogedrag by leerders is. Die outeur het voorts bevind dat leerders se metakognitiewe vaardighede meestal onvoldoende vir akademiese sukses op 'n na-matriekvlak was.

2.1.5.5 Samevatting

Samevattend sien die leerteoretici waarna tot dusver in hierdie betoog verwys is die wese van metakognisie soos volg: **Metakognitiewe kennis** (statiese bron van kennis) wat dikwels verfyn word as persoons-, taak- en strategieveranderlikes. **Metakognitiewe selfregulering** (metakognisie in aksie) word op sy beurt beskou as die implementering van beplanning, monitering en evaluering. Al hierdie metakognitiewe kennis en handelinge word deurentyd aktief verbind deur **refleksie**. Verder blyk dit dat metakognisie en metakognitiewe strategieë dui op bepaalde vaardighede wat gefasiliteer, geoefen, verbeter en verwerf (aangeleer) **kan** word (Cross & Paris, 1988; Hennessey, 1999; Kramarski & Mevarech, 2003).

Die fokus verskuif nou na wiskunde en moontlike faktore wat 'n invloed op wiskundeprestasie het.

2.2 ONTOEREIKENDE WISKUNDEPRESTASIE

2.2.1 Inleiding

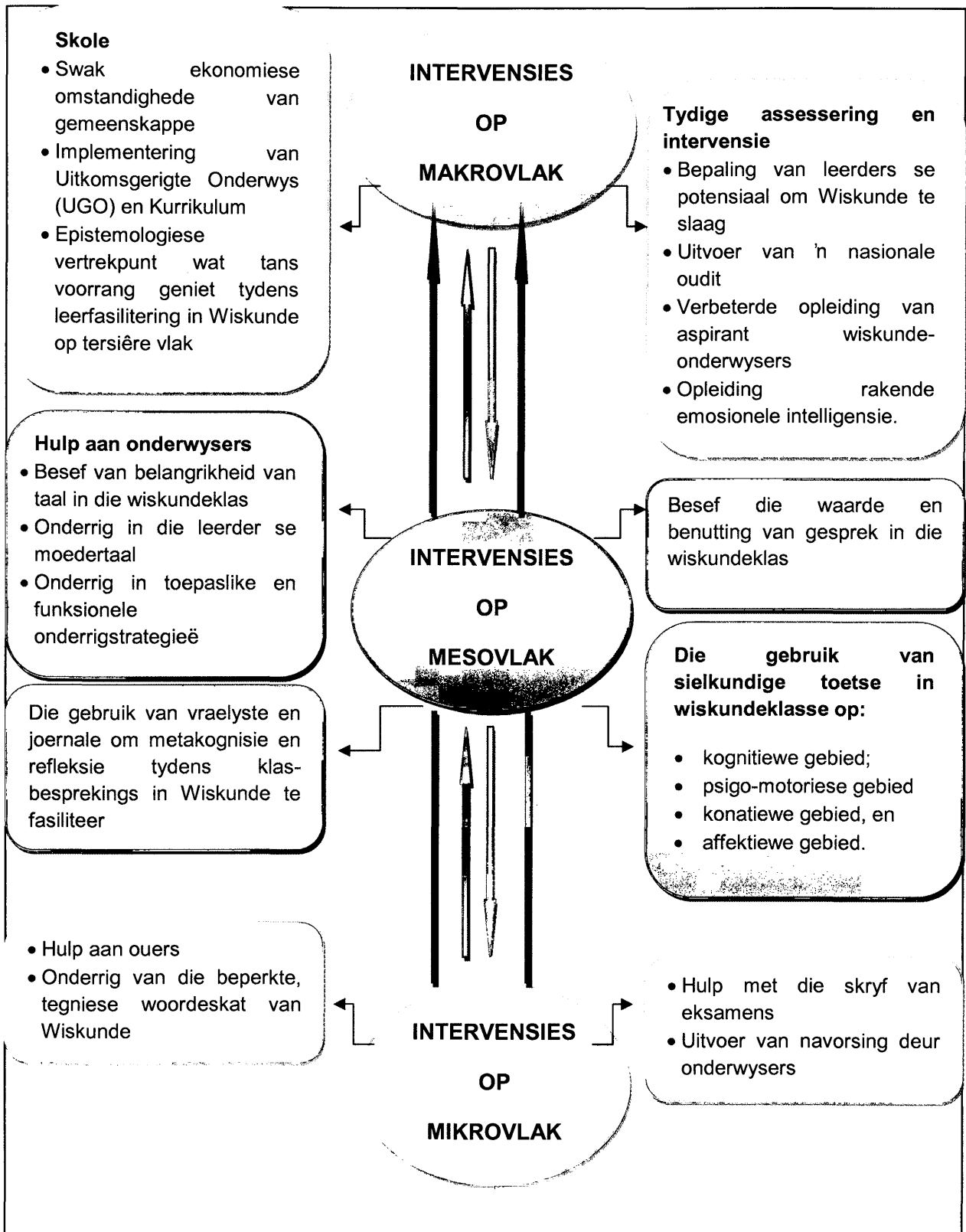
Die afgelope 15 jaar se navorsing oor wiskunde was onder meer gerig op sosiale, kognitiewe en metakognitiewe, konatiewe en affektiewe fasette wat wiskundeprestasie kan beïnvloed (Van der Walt, 2009). Maree, Pretorius en Eiselen (2003) stel dit dat daar internasionaal en nasionaal 'n duidelikwordende behoefte aan voorligting in verband met genoemde fasette is, omdat onderprestasie in wiskunde nie net in Suid-Afrika manifesteer nie. Rademeyer (2009:393) verduidelik die krisis in die Suid-Afrikaanse onderwys met betrekking tot wiskundeprestasie soos volg:

Oorgenoeg is al gesê oor Suid-Afrikaanse leerlinge se swak prestasie in wiskunde. Nie net vaar hulle internasionaal power nie, maar ook op die vasteland steek lande wat ekonomies swakker as Suid-Afrika daaraan toe is, ons die loef af.

Baron en Hourbette (2005), in navolging van Maree (2002), stel voor dat navorsing rakende wiskundeprestasie en verwante sake deur die volgende lense beskou word:

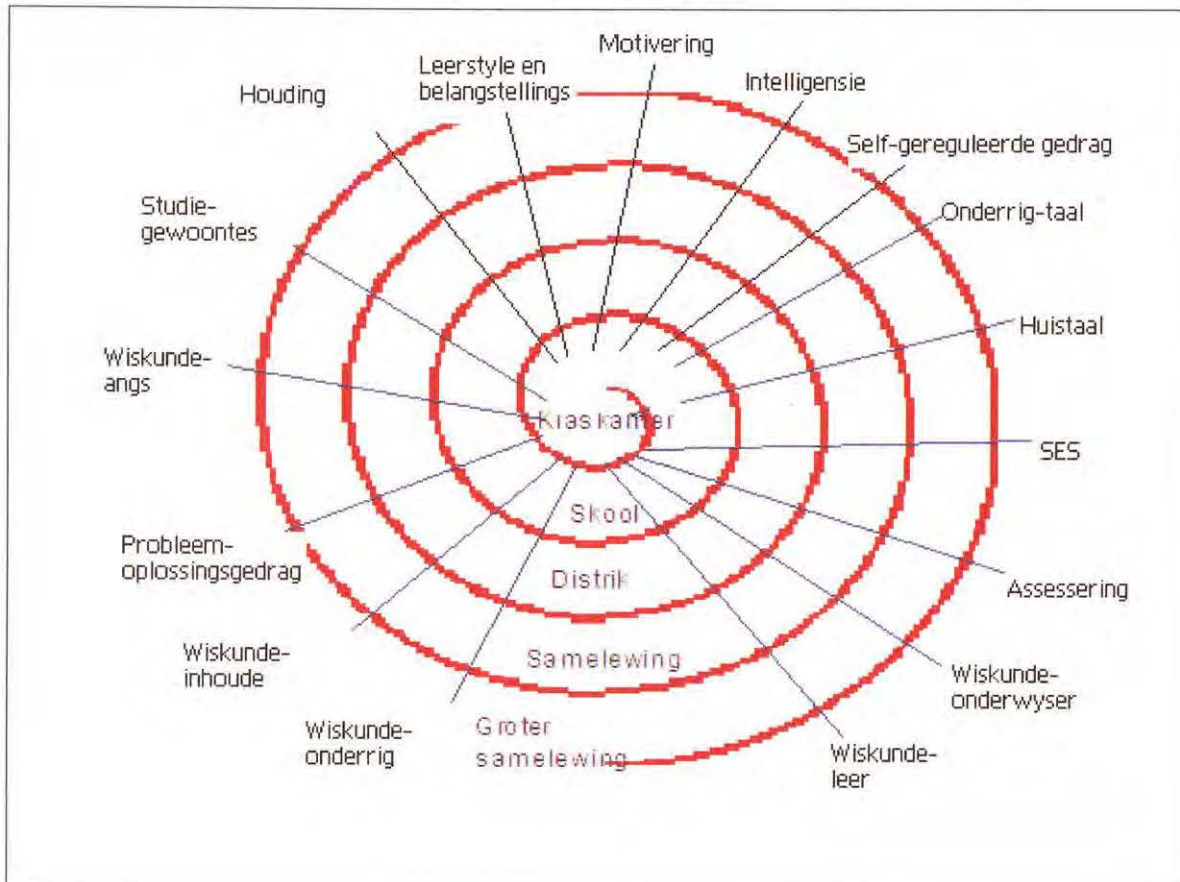
- Die makrovlak, naamlik sosio-ekonomiese kontekste
- Die mesovlak, naamlik die skool en die gesin
- Die mikrovlak, naamlik persoonlike invloede

Maree (2009:271) verwys na dieselfde drie vlakke en stel die volgende model voor wat as moontlike raamwerk vir die verbetering van wiskundeprestasie in die Suid-Afrikaanse konteks kan dien:



Figuur 2.9: Maree (2009:271) se voorgestelde raamwerk vir die verbetering van wiskundeprestasie in die Suid-Afrikaanse konteks

In hierdie studie word daar spesifiek gefokus op aspekte op mesovlak wat moontlik tot ontoreikende wiskundeprestasie kan bydra. Van der Walt (2008:52) verskaf die volgende skematiese voorstelling van enkele faktore wat leer in wiskunde kan beïnvloed:



Figuur 2.10: 'n Skematiese voorstelling van enkele faktore wat leer in wiskunde beïnvloed.

Bron: Van der Walt (2008:52)

Die huidige studie fokus op die ontoreikende wiskundeprestasie van die adolessent en in die volgende afdeling word die adolessent en sy/haar persoonsmoontlikhede verder belig.

2.2.2 Adolessenteleerders se persoonsmoontlikhede

Volgens Maree (2009:277) kan die belangrikheid om van tyd tot tyd leerders se sterk en swak punte in wiskunde uit te lig nie weggedeneer word nie.

Strategieë en tegnieke waarmee leerlinge se persoonlike sterk en swak punte geïdentifiseer kan word, behoort optimaal deur onderwysers benut te word. Hierdie informasie behoort sterk en swak punte ten aansien van die kognitiewe, die psigomotoriese, die konatiewe asook die affektiewe gebied in te sluit sodat hierdie inligting aangewend kan word om tydigte intervensie te fasiliteer.

Na aanleiding van wat reeds hierbo vermeld is, sal ek in hierdie studie kortliks op die kognitiewe, affektiewe, asook konatiewe gebiede fokus en kernagtig aandag gee aan enkele faktore wat leer in wiskunde kan beïnvloed. Daar word veral gekyk na die rol van intelligensie, motivering, studiegewoontes, wiskundeangs en probleemoplossingsgedrag.

2.2.2.1 Kognitiewe gebied

Op die kognitiewe gebied is daar verskeie vaardighede wat met behulp van verskeie assesseringsmiddele geëvalueer kan word. Daar word onder andere gekyk na die rol van leerders se vermoë om hul aandag op 'n spesifieke aktiwiteit te fokus, hul algemene konsentrasievermoë en ook die rol van kreatiwiteit en intelligensie. Leerders verskil ten opsigte van hul vlak van intellektuele funksionering. Verskillende teorieë oor intelligensie is oor die afgelope dekades geformuleer, tesame met benaderings tot die meet van intelligensie (Foxcroft & Roodt, 2005). Intelligensie word in hoofstuk 3 meer volledig bespreek; hier val die soeklig kortliks op navorsing rakende die verband tussen intelligensie en wiskundeprestasie.

Taub, Keith, Floyd en McGrew (2008:187-198) het die direkte en indirekte effek van algemene intelligensie op wiskundeprestasie ondersoek en die volgende bevind:

The following CHC (Cattell-Horn-Carroll) broad cognitive ability factors demonstrated statistically significant direct effects on the mathematics achievement variables: Fluid Reasoning, Crystallized Intelligence, and Processing Speed.

Kognitiewe faktore – vloeibare intelligensie, gekristalliseerde intelligensie en prosesseringstempo – het dus 'n statisties betekenisvolle invloed op wiskundeprestasie. 'n Studie deur Primi, Ferrão en Almeida (2010:446-451) fokus op vloeibare intelligensie (sien 3.2.2.1) as 'n voorspeller van leer in wiskunde en ondersoek die volgende kognitiewe vermoëns:

The cognitive abilities studied were Numerical Reasoning, Abstract Reasoning, Verbal Reasoning and Spatial Reasoning ... The general cognitive factor was significantly associated with the parameters of initial level (intercept) and rate of change (slope). A high level of intelligence was associated with higher initial scores, as well as a steeper rise in math scores across the two years.

Leerders met nie-verbale leergestremdhede ondervind volgens 'n studie deur Clark (2008:201-215) spesifiek probleme en relatiewe swakheid ten opsigte van *visual-motor coordination, nonverbal problem solving, abstract reasoning, tactile perception, arithmetic calculation and reasoning*.

In die drie beperkte studies waarna hierbo verwys word, is 'n tendens bevind dat bepaalde kognitiewe vaardighede in die betrokke navorsingskontekste fasette van

wiskundeprestasie voorspel. Maree (2008a) wys egter daarop dat 'n intelligensiesyfer op sy eie nie veel beteken nie. Hy stel ook voor dat intelligensie eerder aan die hand van die onderstaande breë velde gedefinieer moet word en verwys onder meer na die leerder se aanpassingsvermoë, leervermoë, abstrakte denkvermoë en die vermoë om nuwe en uiteenlopende probleme op te los.

Die fokus verskuif nou na die affektiewe ontwikkeling van die leerder.

2.2.2.2 Affektiewe onderbou

Volgens Maree (2009:278) kan die belangrikheid van 'n stewige affektiewe onderbou as noodsaaklike ondersteunende struktuur vir toereikende kognitiewe prestasie in wiskunde kwalik oorskat word.

Affektiewe onderbou verwys onder meer na verskeie faktore wat 'n betekenisvolle rol speel in leerders se uiteindelijke prestasie in wiskunde. Hieronder ressorteer die leerder se gevoelens rondom wiskunde; die wyse waarop die leerder die onderwysers, die klasatmosfeer, sy/haar huislike omstandighede en die onderrig van die vak beleef; en die leerder se gevoelens rondom wiskunde. Die leerder se 'affektiewe' (gevoelens) verwys onder meer na sy/haar emosies; gewoontes en houdings in wiskunde; die wyse waarop hy/sy wiskundige inligting verwerk; probleemoplossingsgedrag (probleemoplossingsingesteldheid en -vermoëns in wiskunde); en sosiale faktore (soos die leerder se studiemilieu (sosiale, fisieke én beleefde milieu)). Etlke navorsers het aangetoon dat daar 'n statisties betekenisvolle verband bestaan tussen aspekte van studie-oriëntasie in wiskunde, insluitende angs, motivering, houding jeens wiskunde, die gebruik van effektiewe (metakognitiewe) leerstrategieë in wiskunde, effektiewe tydsbestuur, konsentrasie en die wil om in wiskunde te presteer (Maree, 1992; 1996; sien ook Hayes, 2000; Maree & Crafford, 2005; Paras, 2001; Moodaley, Reveni, Grobler & Lens, 2006). Volgens Maree, Molepo, Owen en Ehlers (2005) hou studie-oriëntasie in wiskunde en die aanleer van wiskunde leerarea-inhoude met mekaar verband. Die rol van studie-oriëntasie in wiskunde en wiskundeprestasie word breedvoerig bespreek in 2.2.4.

Die rol van die konatiewe – en meer spesifiek motivering, selfagting en selfbeeld – word nou verder belig.

2.2.2.3 Konatiewe onderbou

Volgens Maree (2009:278) kan probleme in wiskunde verwag word as die leerling se konatiewe onderbou (wilsaspek) nie intakt is nie. Die outeur stel dit dat die leerder belang moet stel in wiskunde indien hy/sy in wiskunde wil presteer. Dit is dus die opgaaf aan die

onderwyser om in elke wiskundeklas aandag te gee aan die leerder se selfkonsep, asook aan die stand van sy/haar selfvertroue. In 'n internasionale studie deur Wang (2010:3346) is die volgende bevindings rakende die verband tussen motivering en wiskundeprestasie aangedui:

Student self-confidence in learning mathematics, which overlaps with self-efficacy, expectancy, and self-concept, was the most important construct among other student variables, to affect eight-graders' mathematics achievement ...

Volgens Louw (2007:316) is **selfagting** 'n persoon se algehele sin van waarde en welstand. Hy sien selfbeeld, selfbegrip en selfwaarneming (of selfpersepsie) [as] verwante terme wat verwys na die wyse waarop 'n persoon hom- of haarself sien en evalueer.

Kinders se evaluasies van hulself (d.w.s. hul *selfagting*) moet geleidelik begin om alle aspekte van hulself in te sluit. Volgens Louw (2007) beteken dit dat hulle begin om hul kognitiewe, fisiese en sosiale vaardighede in hul algehele mening van hulself in te sluit. Gedurende adolessensie moet die selfagting selfs verder gewysig word, aangesien vele nuwe dimensies bykom wat geëvalueer moet word. Tydens vroeë adolessensie, wanneer groeiversnelling, puberteitsveranderings en kognitiewe en sosiale veranderings voorkom en adolessente heel waarskynlik in 'n hoërskoolomgewing moet aanpas, is hulle geneig om 'n tydelike afname in hul selfagting te ervaar. Die outeur verduidelik voorts dat die **selfbeeld** toenemend gedifferensieer word, wat tot die ontwikkeling van afsonderlike oordele oor die self lei.

As die adolessent dus ontsteld is oor iets, het dit 'n negatiewe effek op sy/haar denkprosesse en vermoë om hom-/haarself uit te druk. Ferla, Valcke en Cai (2009) verwys na die verband tussen akademiese selfdoeltreffendheid en akademiese selfbeeld en beweer dat:

math self-efficacy and math self-concept do indeed present conceptually and empirically different constructs ... students' self-concept strongly influence their academic self-efficacy beliefs ...

Boatright (2007) se navorsing het aan die lig gebring dat wiskundeselfbeeld die enigste afhanklike veranderlike is wat in die betrokke studie 'n beduidende voorspeller van wiskundeprestasie was. Eklöf (2007), Ismail (2009) en Seegmiller (2010) het bevind dat wiskundeselfbeeld positief met wiskundeprestasie verbind kan word. Beal, Qu en Le (2008) het voorts bevind dat leerders met 'n lae wiskundeselfbeeld geneig is om meer lukraak te raai wanneer hulle met wiskunde-aktiwiteite besig is. Daar kan dus met 'n redelike mate van oortuiging beweer word dat 'n lae selfbeeld wiskundeprestasie kan inhibeer en omgekeerd. De Corte, Op't Eynde, Depaepe en Vershchaffel (2010:292) stel die verband tussen wiskundeprestasie en wiskundeselfbeeld soos volg:

[...] a general consensus that beliefs about mathematics as a domain, about mathematics learning and teaching, and about oneself as a learner of mathematics have, besides and in interaction with cognitive variables, an important impact on students' learning and performance in school mathematics.

In 'n studie deur Wang (2010:3346) is die volgende bevindings rakende die verband tussen selfbeeld, selfagting en wiskundeprestasie aangedui:

Student self-confidence in learning mathematics, which overlaps with self-efficacy, expectancy, and self-concept, was the most important construct among other student variables, to affect eight-graders' mathematics achievement ...

Lee (2009), asook Jain en Dowson (2009) het verder gevind dat daar 'n verband tussen wiskundeselfbeeld, wiskundeangsgesindheid en wiskundeselfdoeltreffendheid bestaan.

Motivering is nog 'n belangrike aspek van die konatiewe. Navorsing het getoon dat motivering 'n sleutelfaktor in die leerproses en in skoolprestasie is (Chouinard, Karstenti & Roy, 2007; Eklöf, 2007). In 'n studie deur Tella (2007:149) is daar op die impak van motivering op wiskundeprestasie gefokus:

[...] result indicates significant difference when extent of motivation was taken as a variable of interest on academic achievement in mathematics based on the degree of their motivation.

Abdelfattah (2010:159-168) het bevind dat a high level of motivation to take the examination invariably increased mean performance in both examinations and the correlation was significant. Gottfried, Marcoulides, Gottfried, Oliver en Guerin (2007:317) het ook bevind dat wiskunde-motivering wiskundeprestasie positief beïnvloed en dat hierdie tendens dwarsdeur die verskillende ontwikkelingsfases gehandhaaf word (academic intrinsic math motivation was found to be related to initial and later levels of mathematics achievement).

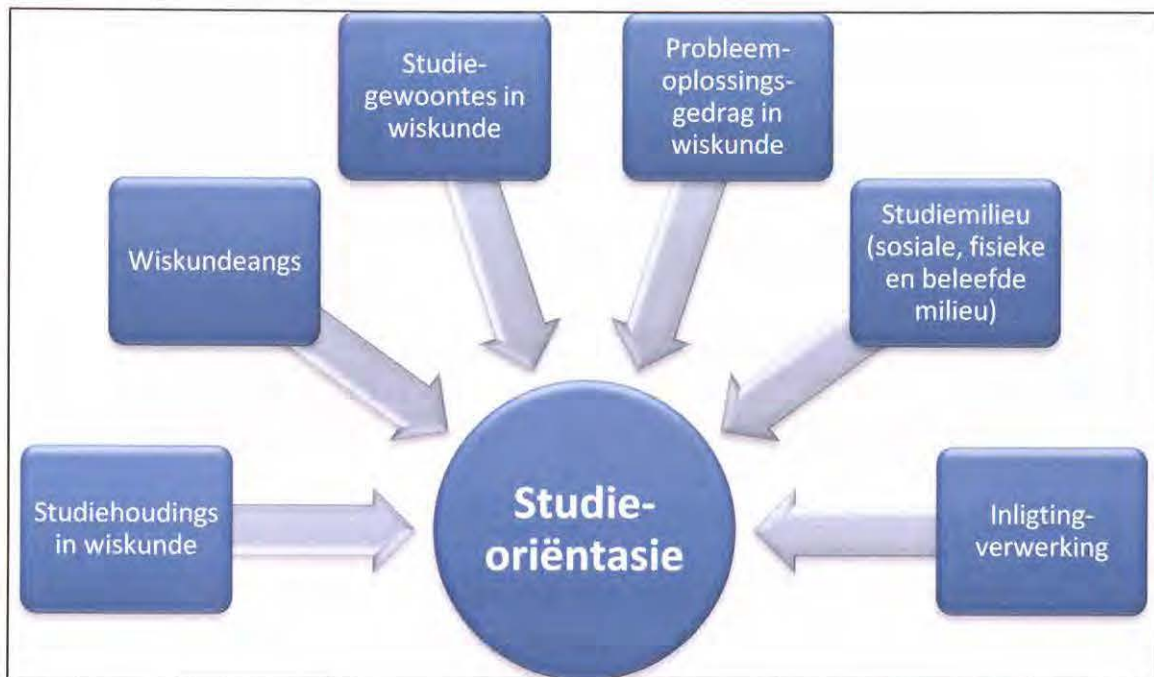
Uit bogenoemde kan daar dus afgelei word dat indien die leerder se emosionele en affektiewe onderbou nie ongesonde is nie, daar potensieel probleme ten aansien van wiskunde verwag kan word.

Daar sal nou meer spesifiek op die verband tussen die fasette van studie-oriëntasie in wiskunde en wiskundeprestasie gefokus word.

2.2.3 Studie-oriëntasie in wiskunde en wiskundeprestasie

Volgens Maree, Molepo, Owen en Ehlers (2005) hou studie-oriëntasie in wiskunde en die aanleer van wiskunde-leerarea-inhoude met mekaar verband. Maree (1997) definieer studie-oriëntasie as 'n begrip wat onder meer studiegewoontes, probleemoplossingsgedrag, wiskundeangsgesindheid en studiehouding insluit. Maree, Prinsloo en Claassen (1997) meen dat

wiskundeleerders swak presteer in wiskunde omdat daar so min aandag aan hul studie-oriëntasie gegee word. Volgens hierdie outeurs sluit die begrip studie-oriëntasie die volgende velde in (sien Figuur 2.11).



Figuur 2.11: Studie-oriëntasie in wiskunde

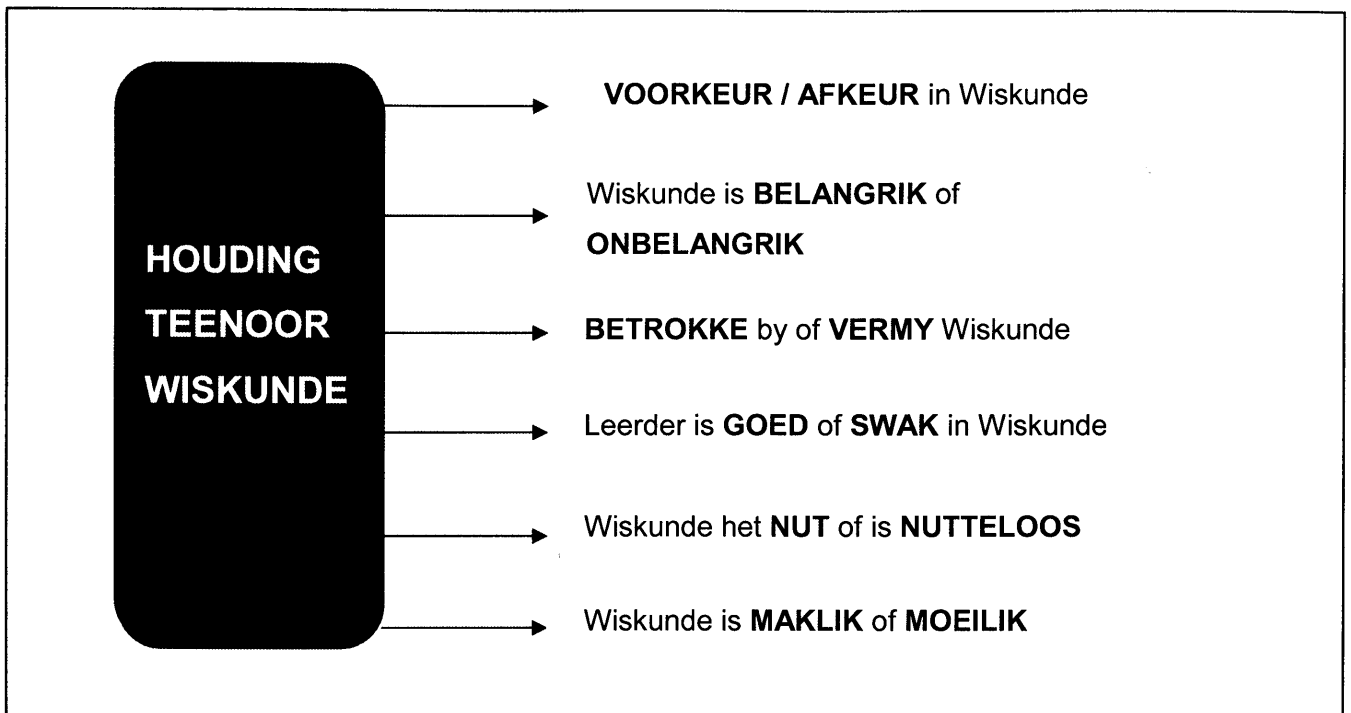
Bron: Saamgestel uit Maree et al. (1997)

Elk van bogenoemde velde word kortliks bespreek.

2.2.3.1 Studiehoudings in wiskunde

Studiehouding in wiskunde is die fokus van verskeie studies (De Corte, Op't Eynde, Depaepe & Verschaffel, 2010; Maasz & Schlotzmann, 2009;). Griffin (2008:3335) het bevind dat leerders se houding jeens wiskunde 'n beduidende voorspeller van wiskundeprestasie is en meld dat *the maths attitude component composite variables were associated with lower standardized maths achievement scores*.

Mitchell (1999) wys daarop dat 'n negatiewe houding by leerders onder andere die gevolg is van te min motivering, belangstelling en genot in wiskunde. Hierteenoor beklemtoon Townsend en Witton (2003) dat leerders se houding teenoor wiskunde wel positief beïnvloed kan word as dit negatief is. Ma en Kishor (1997) se definisie van studiehouding word skematies voorgestel in Figuur 2.12 om sodoende die konsep uit te beeld dat houding 'n algemene gevoel (positief tot negatief) of evaluering (goed tot sleg) behels.



Figuur 2.12: Skematiese voorstelling van houding jeens wiskunde

Bron: Aangepas uit Ma en Kishor (1997:26-47)

Ma (2003) fokus op die verband tussen leerders se studiehouding en wiskundeangs. Volgens die outeur sal leerders wat 'n positiewe houding teenoor wiskunde beleef en goed daarin presteer minder angstig wees as die leerders wat 'n negatiewe houding koester en swak presteer.

Die begrip wiskundeangs word nou meer breedvoerig omskryf.

2.2.3.2 Wiskundeangs

Rubinstein en Tannock (2010) omskryf wiskundeangs as *a negative affective response to mathematics*. Verskeie studies het ten doel om die moontlike oorsaak en gevolge van wiskundeangs te ondersoek. Sharma (1979) identifiseer 'n gebrek aan wiskundewoordeskata as 'n moontlike oorsaak van wiskundeangs. Chinn (2009) se navorsingsbevindings wys daarop dat sekere onderwerpe in die wiskundekurrikulum, soos langdeling, tot dieselfde vlakke van angstigheid lei vir leerders in al die jaargroepe in die sekondêre skool. Die oorsake van wiskundeangs kan volgens Leppävirta (2011) toegeskryf word aan drie moontlike faktore: *dispositional*, (sielkundige en emosionele aspekte soos houding jeens wiskunde, selfkonsep en leerstyle) *situational* (verwys na aspekte wat te doen het met die inhoud van die wiskundekursus, die tempo van onderrig, terugvoering of gebrek aan terugvoering) en *environmental* (ouderdom, geslag, vorige wiskundeondervindinge).

Navorsingsbevindings dui ook daarop dat daar 'n positiewe korrelasie tussen wiskundeangst en geslag bestaan. Volgens Kyttälä en Björn (2010) het meisies onakkurate en lae verwagtings in wiskunde. Dit blyk uit Venkatesh en Karimi (2010) asook Prieto en Delgado (2007) se navorsing dat meisies se angstvlakke hoër is as dié van die seuns, maar Eshaq (2008) bevind eweneens dat seuns hoër vlakke van angst beleef as meisies. Die outeur beweer verder dat wiskundeangst leerders se toekomstige beroepskeuse kan beperk, aangesien die beroepswêreld van die 20ste eeu gebaseer is op 'n gevorderde wiskundige en tegnologiese basis. Die huidige literatuurstudie het aangetoon dat wiskundeangst ook in verband gebring kan word met houding, abstrakte redeneringsvermoë, verwagting en geheue. Daar word kortliks op van hierdie navorsing gefokus.

Die invloed van die persepsie wat die adolessent het van ouers en die groep se wiskundeangst en houding teenoor wiskunde, en die mate waarin hierdie persepsie die adolessent se eie vlakke van wiskundeangst en houding teenoor wiskunde beïnvloed, was die onderwerp van 'n studie deur He (2007). Die fokusgroep was adolessente van verskillende kultuurgroepe en He (2007:1812) het bevind dat:

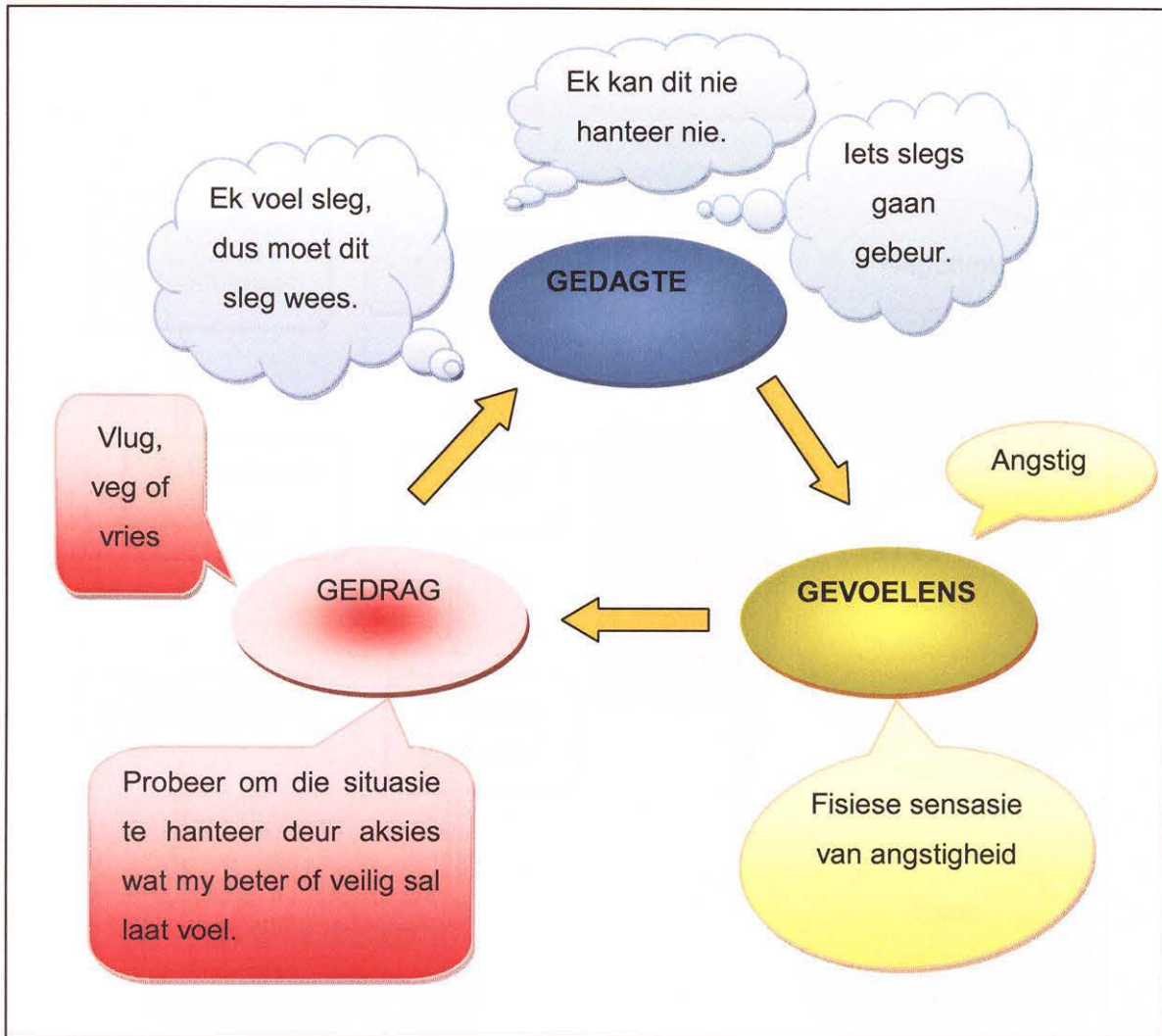
adolescents' perception of mathematics anxiety negatively predicted adolescents' perceptions of their own mathematics achievement and their perception of maths attitudes positively predicted their perception of their own math achievements.

In 'n studie deur Goetz, Preckel, Pekrun en Hall (2007) is bevind dat daar 'n positiewe korrelasie is tussen 'n leerder se abstrakte redeneringsvermoë en angstigheid. Leerders wat laag getoets het op abstrakte redenering het meer angst ondervind as leerders wat hoër tellings behaal het vir hul abstrakte redeneringsvermoë. Kyttälä en Björn (2010:431) wys op die verband tussen wiskundeangst en verwagting: *results suggest that mathematics anxiety, a prospective outcome emotion, is determined by outcome expectancies (success or failure)*. Prevatt, Welles, Li en Proctor (2010:39) fokus ook op die rol van geheue en angstigheid in wiskundeprestasie:

Both memory and anxiety were found to directly affect math performance. Additionally, anxiety served as a moderator of the relationship between memory and math for most, but not all, measures of math achievement.

Die outeurs beveel aan dat leerders wat 'n hoë vlak van wiskundeangst ondervind, baat sal vind by aktiwiteite om die angst te verminder alvorens daar op memoriseringstrategieë gefokus word.

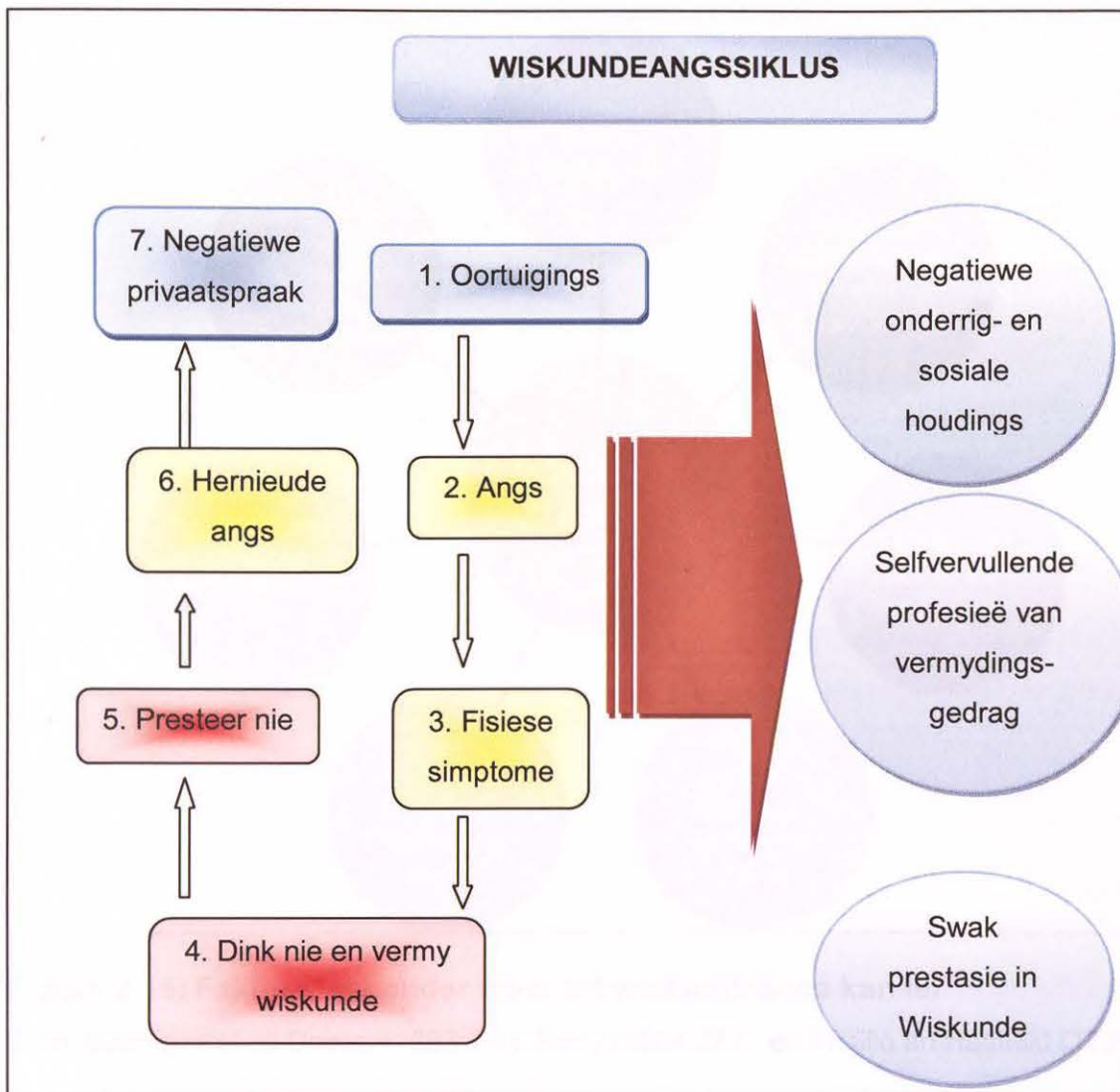
Volgens Ashcraft (2002) kan wiskundeangst toeneem as gevolg van sigbare en onsigbare handelinge. Sigbare handelinge word deur die outeurs gedefinieer as verbale kommunikasie soos 'as jy geleer het, behoort jy geen probleem te ervaar nie', afwesigheid



Figuur 2.13: Negatiewe siklus wat by angstoestande ontstaan

Bron: Vivyan (2009)

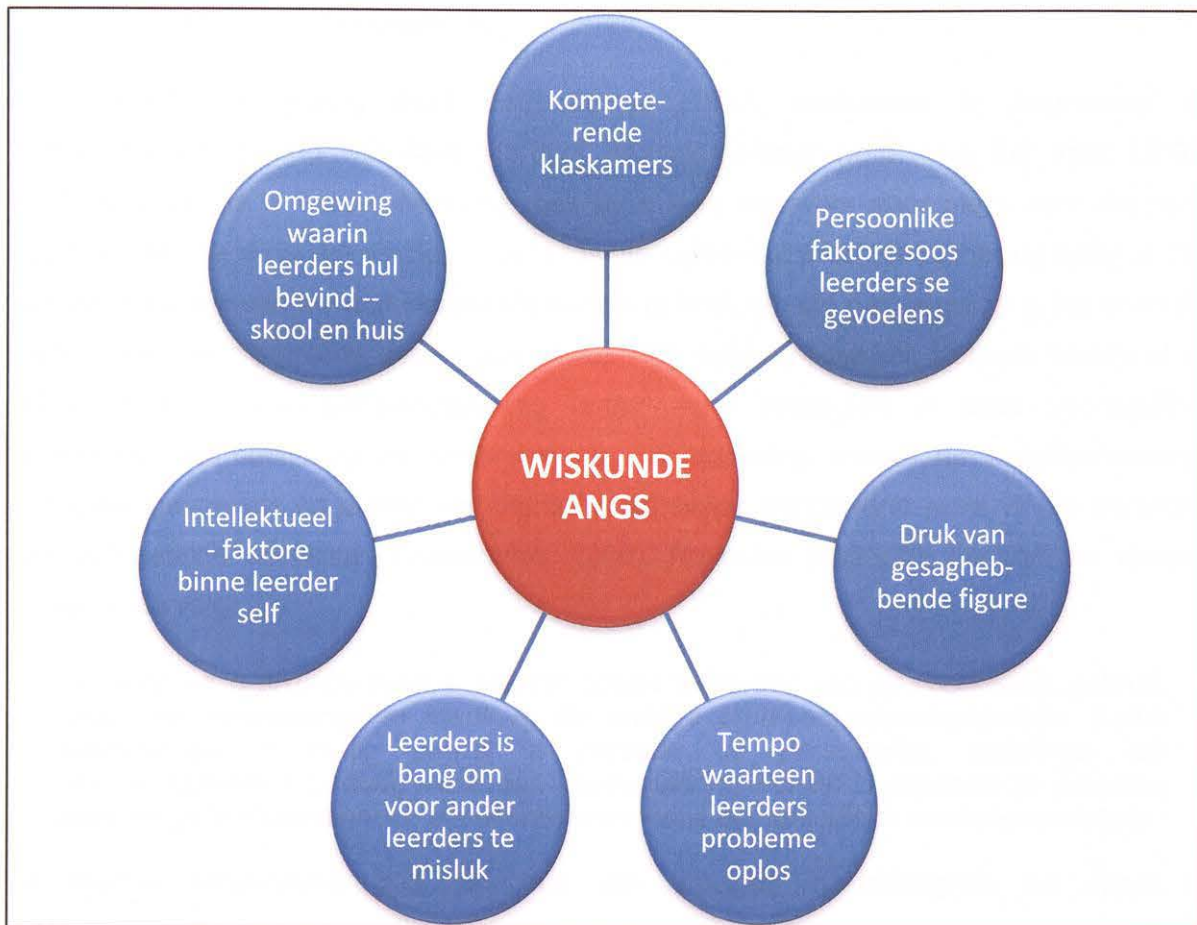
Williams (1988) se sikliese voorstelling van wiskundeangssiklus pas dus in die voorstelling van algemene angssiklusse wat deur sielkundiges in CBT (*Cognitive Behavior Therapy*) gebruik word om angstoestande in terapie te behandel. Vervolgens word Williams (1988) se wiskundeangssiklus en die gevolge daarvan skematies in Figuur 2.14 voorgestel:



Figuur 2.14: Wiskundeangssiklus

Bron: Saamgestel uit Williams (1988:95-104)

Volgens Perry (2004) kom wiskundeangs al op 'n vroeë ouderdom voor. In Figuur 2:15 val die soeklig op faktore wat onder meer tot wiskundeangs kan lei.



Figuur 2.15: Faktore wat onder meer tot wiskundeangs kan lei

Bron: Saamgestel uit Dossel (1993:4-6); Perry (2004:372); en Trujillo en Hadfield (1999:2)

Die fokus verskuif nou na studiegewoontes in wiskunde.

2.2.3.3 Studiegewoontes in wiskunde

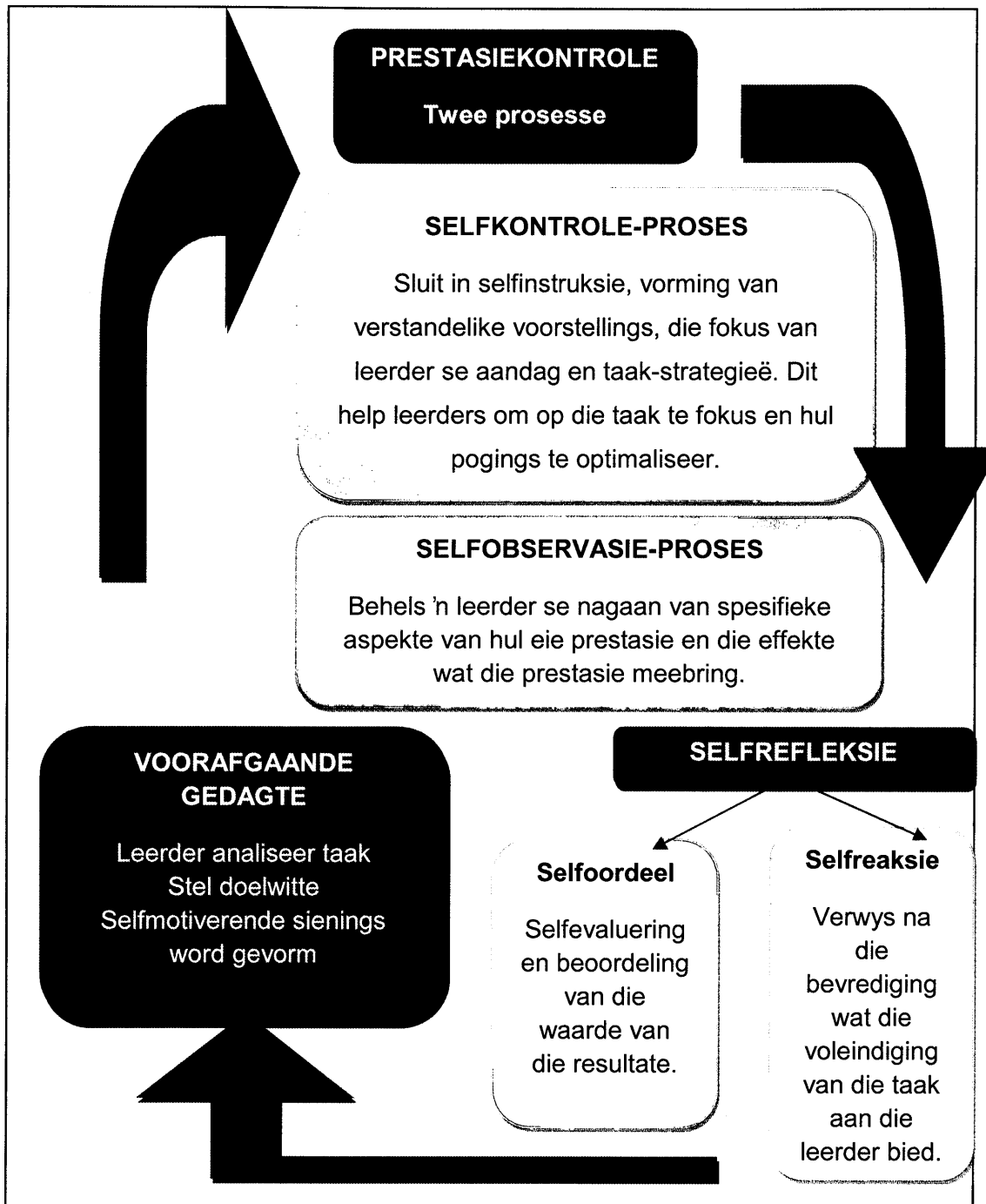
Maree *et al.* (1997) stel dit dat hierdie veld (studiegewoontes) in die SOW (Studie-oriëntasie: wiskunde) 'n aanduiding van die mate waarin die leerder se studiehouding in wiskunde sal manifesteer. Mayer (1994) definieer studiegewoontes en strategieë as die aktiwiteite wat die leerder gedurende die leerproses uitvoer met die doel om leer te bevorder. Reynolds (2006:23) beweer dat studiegewoontes in drie komponente verdeel kan word: 'n gedrag wat leerders teenoor leer toon; die gedrag wat tydens die proses van leer plaasvind en gedrag wat bedoel is as hulpbronne vir die proses van leer. Volgens Maree (1997) sluit studiegewoontes tydsbestuur, die vermoë om gefokus te bly en die toepassing van verworwe doeltreffende studiemetodes in.

2.2.3.4 Probleemoplossingsgedrag

Probleemoplossingsgedrag word deur Maree (1997) verduidelik as kognitiewe en metakognitiewe gedrag wat deur leerders geïmplementeer word. Van der Walt (2008) verduidelik dat as 'n leerder betrokke raak by 'n taak waarvoor daar nie 'n voor die hand liggende metode is om dié probleem op te los nie, hy/sy met probleemoplossing besig is. Die leerder moet dus van sy/haar bestaande kennis gebruik om die probleem op te los en in die verloop van hierdie proses word nuwe wiskundige insigte ontwikkel. Volgens Maree *et al.* (1997) sluit probleemoplossingsgedrag onder meer strategieë in soos voorspelling, beplanning, selfmonitering en selfevaluering. Selfregulering verwys na selfgegenereerde gedagtes, gevoelens en aksies wat beplan is en siklies aangewend word vir die bereiking van selfgestelde doelwitte (Zimmerman, 2000). Reynolds (2006:25) beskryf die sikliese proses soos volg:

Dit word as 'n sikliese proses beskryf omdat 'n leerder van sy voorkennis gebruik maak om aanpassings te maak in die huidige probleemoplossingsproses. Sulke aanpassings is nodig omdat 'n persoon se persoonlike, houdings- en omgewingsfaktore gedurig verander. Selfregulering dui op 'n persoon se emosies soos eie geloofwaardigheid, onsekerheid en vrese oor spesifieke prestasiekontekste.

Uit hierdie omskrywing blyk dit dus dat emosies 'n belangrike rol speel in probleemoplossingsgedrag. Hierdie sikliese fases van selfregulering kan skematies soos volg voorgestel word:



Figuur 2.16: Sikliese fases van selfregulering

Bron: Aangepas uit Zimmerman (2000:16)

2.2.3.5 Studiemilieu in wiskunde

Volgens Maree (1997) kan 'n swak studiemilieu gedefinieer word as 'n omgewing wat nie stimulerend vir die leerders is nie. Die leerder se fisieke welstand (fisieke milieu) oefen ook 'n invloed uit op sy/haar wiskundeprestasie. Fisieke probleme soos 'n onvermoë om goed te sien of hoor, asook lees- en taalprobleme is beperkend en ondermyn prestasie in wiskunde.

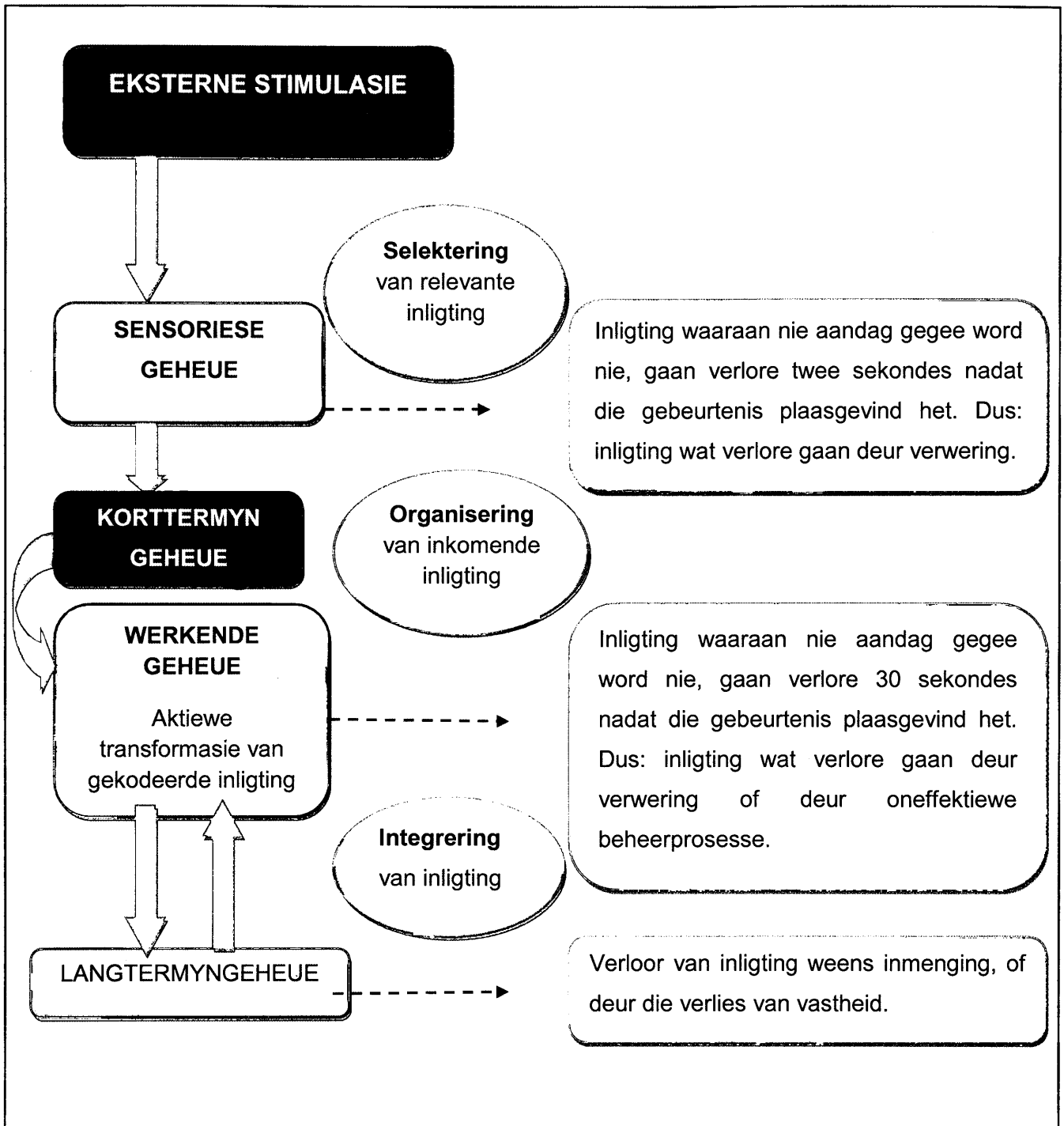
Voorts beïnvloed die atmosfeer (beleefde milieu) in die klaskamer ook die leerders se skolastiese prestasie en emosionele lewe (Goliath, 1992). Klaskamerklimaateienskappe soos studieoriëntasie en die mate waarin leerders as 'n groep die onderrig van wiskunde as 'n konstruktivistiese ervaring beleef, blyk volgens Van Damme, Opendakker en Van den Broeck (2004) relevant te wees vir leerders se houding teenoor wiskunde.

2.2.3.6 Inligtingverwerking

Volgens Woolfolk (1990) neem die menslike brein inligting in en verrig sekere funksies om die inhoud te verander en te verwerk, sodat die persoon die inligting kan verstaan. Hierna word die inligting gestoor sodat die inligting weer gebruik kan word as die persoon dit nodig het. Volgens die mees algemene inligtingverwerkingsteorieë word alle menslike kennis gestruktureerd en georganiseer geberg. Maree (1997) som die proses van inligtingverwerking soos volg op:

Kontemporêre inligtingsverwerkingsleerteoretici huldig die mening dat die aktiwiteite 'leer' en 'onthou' deur interne prosesse (wat beïnvloed word deur die eksterne organisering van stimuli) teweeggebring word. Uitvoerende beheer of kontrole oor hierdie prosesse word deur sowel leerders as hul geheue-inhoude bewerkstellig.

Om die proses te verduidelik van hoe ons inligting ontvang, verwerk en die inligting lees, is dit belangrik dat daar kortliks gefokus word op die wyse waarop 'n mens se geheue funksioneer. Die geheue bestaan uit drie geheuekamers naamlik die sensoriese geheue, die korttermyngeheue en die langtermyngeheue. Daar is voorts drie kognitiewe leerproesse betrokke, naamlik selektering, organisering en integrering van nuwe inligting met reeds bestaande inligting. Skematies kan al die aspekte van inligtingverwerking soos volg voorgestel word:



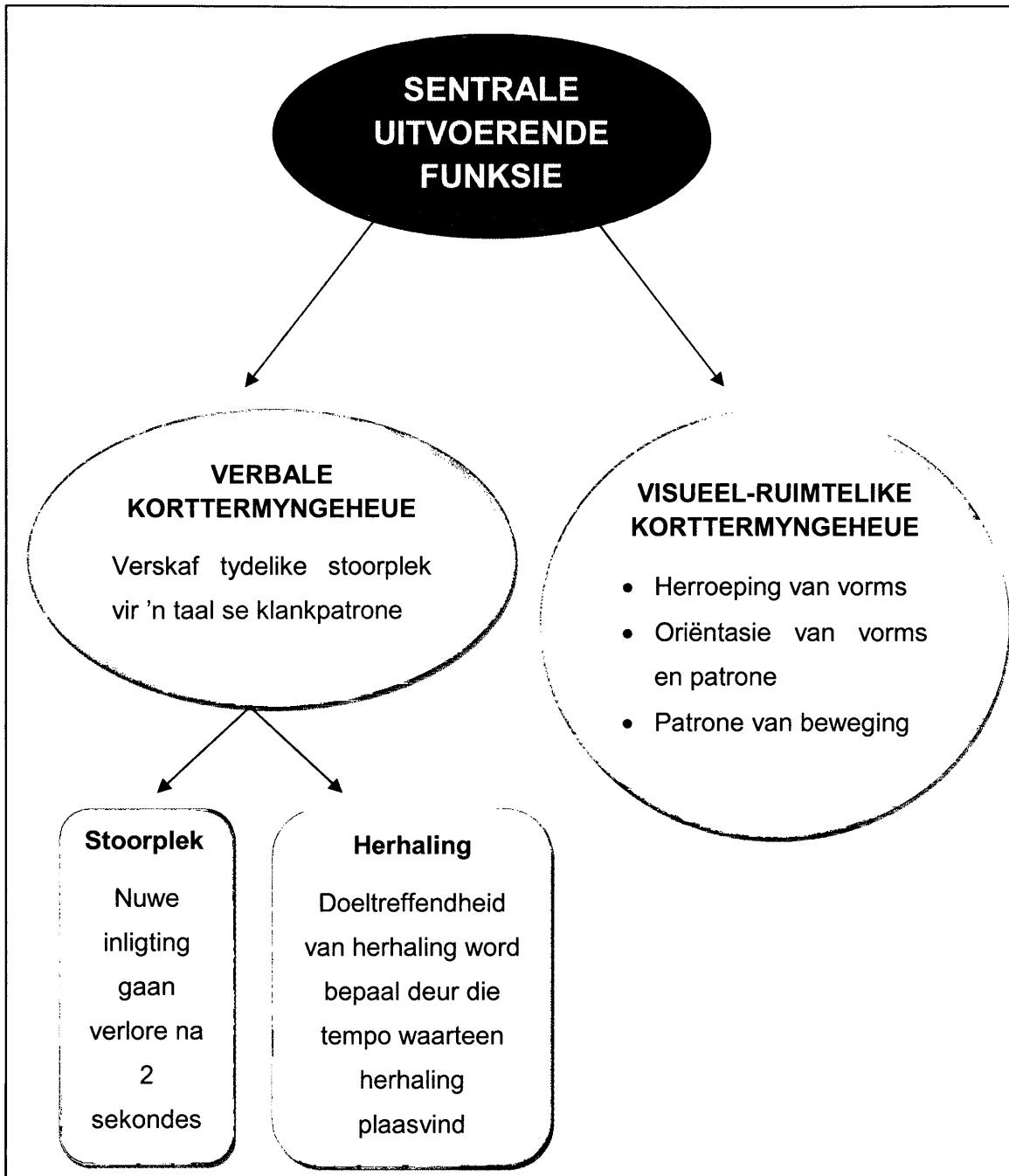
Figuur 2.17: Skematiese voorstelling van hoe stimulus georden word

Bron: Aangepas uit Matlin (2005:10) en Mayer (1994:5829)

Gathercole en Alloway (2008:10) verduidelik die samestelling van die werkende geheue soos volg:

Working memory is actually a system of inter-linked memory components that are located in different parts of the brain. Some of these components are specialised to store material of particular kinds; these are often referred to as short-term memory, although they are part of the larger working memory system.

Die outeurs verduidelik die drie komponente van die werkende geheue soos volg:



Figuur 2.18: Die hoofkomponente van die werkende geheue

Bron: Saamgestel uit Gathercole en Alloway (2008:10)

Korttermyngeheue word deur Gathercole en Alloway (2008:12) soos volg gedefinieer:

the term 'short-term memory' ... refers to those situations in which the individual simply has to store some material without either manipulating it mentally in some way, or doing something else at the same time.

'n Voorbeeld van korttermyngeheue is om 'n telefoonnommer te onthou wat spesifiek op verbale korttermyngeheue berus. Werkende geheue is dus 'n sambreelterm vir die oorkoepelende geheuesisteem waarvan die korttermyngeheue slegs 'n gedeelte is. Dit is belangrik om tussen korttermyngeheue en werkende geheue te onderskei omdat hulle verskillende rolle in die aanleer van nuwe vaardighede speel, veral tydens die vroeë kinderontwikkelingsfasies. Langtermyngeheue word gereserveer vir geheue van ervarings en kennis wat opgedoen is in 'n tydperk vroeër as die onmiddellike verlede. In Tabel 2.2 word 'n indeling van die verskillende tipes geheue verskaf.

Tabel 2.2: Verskillende tipes geheue

Tipe geheue	TYDPERK	TIBE INLIGTING	VOORBEELD
Korttermyn	Sekondes	Verbale en nie-verbale	Om vir 'n kort tyd 'n nuwe telefoonnommer te onthou
Werkende	Sekondes	Enige tipe inligting	Om uitgebreide aanwysings te volg om by 'n spesifieke plek uit te kom
Episodiese	Ure tot dae	Besonderhede van 'n spesifieke ervaring	Om te onthou wat jy vir ontbyt geëet het
Outobiografiese	Leeftyd	Basiese feite en konseptuele kennis	Om byvoorbeeld jou huweliksdag te onthou
Semantiese	Leeftyd met gereelde blootstelling	Kennis, insluitende persoonlike feite	Om te onthou dat Parys die hoofstad van Frankryk is
Prosedurele	Leeftyd sodra vaardigheid vasgelê is	Enige vaardigheid wat as 'n outomatiese gebruik word	Om te weet hoe om 'n motor te bestuur

Bron: Gathercole en Alloway (2008:12)

Daar kan ook tussen die visuele en ouditiewe werkende geheue onderskei word. Iguchi (2009:5069) wys op die belangrike rol van die ouditiewe werkende geheue in wiskundeprestasie:

Results indicate that greater auditory working memory capacity predicts a higher level of math achievement in all areas. Auditory working memory explained unique variance, above and beyond the contributions of verbal and nonverbal reasoning and processing speed, in overall math achievement, fact fluency and applied problems, but not calculations skills. ... These results provide evidence for the theory that both elementary and secondary level math achievement rely on auditory working memory.

Volgens Gathercole en Alloway (2008:38) kan van die foute wat leerders in wiskunde maak aan inligtingverwerking toegeskryf word:

Working memory capacity therefore appears to limit the rate of learning in the late as well as early and middle years of compulsory education, particularly in maths and science.

Gathercole en Alloway (2008) meld voorts dat meer seuns as meisies probleme met werkende geheue ondervind. Leerders met swak werkende geheue sal in die klaskamerverband sukkel om instruksies te volg, om aktiwiteite wat beide 'stoor' en 'prosessering' vereis uit te voer; om hul 'plek' in 'n aktiwiteit te hou; en om hul aandagfokus te behou. In Tabel 2.3 word 'n uiteensetting gegee van die intervensiebeginsels om werkende geheue se kapasiteit en werking te verbeter.

Tabel 2.3: Intervensies om werkende geheue te verbeter

BEGINSEL	VERDUIDELIKING
Identifisering van geheuetekorte	<ul style="list-style-type: none"> • Onvermoë om inligting te herroep • Onvermoë om instruksies te volg • Swak taakvoltooing • Probleme om plek in taak te onthou (bv. in langdeling, woorde in 'n sin te herhaal, ens.)
Waarneming van die leerder	Kyk uit vir enige van die waarskuwingstekens en tree in gesprek met die leerder.
Evaluering van insette in werkende geheue	<ul style="list-style-type: none"> • Waak teen oorlading van werkende geheue deur hoeveelheid werk wat nie noodwendig betekenisvol is nie, te beperk • Vermoë vreemde en betekenislose inhoud • Eis inspannende kognitiewe prosessering
Redusering van lading op werkende geheue wanneer nodig	<ul style="list-style-type: none"> • Reduseer die hoeveelheid werk wat onthou moet word • Verhoog die betekenisvolheid en bekendheid van die leerstof • Vereenvoudig kognitiewe prosesse • Herstruktureer komplekse take
Herhaling van belangrike	Gebruik herhaling deur onderwysers of medeleerders wat

inligting
Motivering en aanmoediging tot die gebruik van geheuehulpmiddels
Ontwikkeling van die leerder se eie strategieë om geheue te ontwikkel en te ondersteun

aangewys word as 'geheue'-leiers

Geheuehulpmiddels sluit in:

- Muurkaarte en
- Persoonlike woordeboeke
- Telkaarte en tellers
- Unifix-blokkies
- Getallelyne
- Vermenigvuldigingskaarte
- Optelmasjiene
- Geheuekaarte
- Bandopnemers
- Rekenaarsagteware

Geheuestrategieë sluit in:

- Vra vir hulp van ouers, onderwysers en medeleerders
- Herhaling
- Neem van notas
- Gebruik van langtermyngeheue
- Organiseringsstrategieë

Bron: Gathercole en Alloway (2008: 69-70)

Dit blyk uit die voorgaande betoog het dat die inligtingverwerkingsfoute 'n negatiewe invloed op wiskundeprestasie het, maar dit kan gediagnoseer en reggestel word. Leerders se probleemoplossingsvaardighede is verwant aan die korttermyngeheue of werkende geheue (Ashcraft & Kirk, 2001). Hierdie outeurs wys ook daarop dat wiskundeangs die werking van die korttermyngeheue negatief beïnvloed. Wiskundeangs verminder die beskikbare kapasiteit van die werkende geheue en veroorsaak dat leerders swakker presteer, omdat die leerder die heelyd aan die angstige gevoel aandag gee. So word die leerder se aandag afgelei van die kognitiewe taak waarmee hy/sy besig is (Ashcraft, 2002). Volgens Ashcraft en Kirk (2001) word die verwerking van inligting in die korttermyngeheue ook geassosieer met leerders se houding teenoor wiskunde. Die outeurs verduidelik dat wanneer 'n leerder die wiskunde-aktiwiteit geniet, hy/sy met groter aandag en betrokkenheid aan die aktiwiteit deelneem. Dit sal dus daartoe lei dat inligtingverwerking meer effektief plaasvind. Die teenoorgestelde is egter ook waar.

Sigelman en Rider (2009:225) verwys voorts na die konsep 'metageheue' wat een aspek van metakognisie is. Metageheue word deur die outeurs soos volg gedefinieer:

Metamemory is one aspect of metacognition. It is knowing, for example, what your memory limits are, which memory strategies are more or less effective, and which memory tasks are more or less difficult. It is also noting that your efforts to remember something are not working and that you need to try something different.

2.2.3.7 Samevatting

Volgens Reynolds (2006:37) is elk van die velde in studie-oriëntasie 'n belangrike komponent vir die leer van wiskunde.

Dit blyk dat sosiale interaksie noodsaaklik en bevorderlik kan wees vir elk van die komponente en vir leerders se prestasie in wiskunde. ... Verder blyk daar verskeie verbande te wees tussen elk van die velde en dat hulle mekaar ondersteun en selfs afhanklik kan wees van mekaar. Dit is daarom belangrik dat daar moeite gedoen sal word om aan die leerders se studie-oriëntasie in wiskunde aandag te gee, sodat hulle begrip in wiskunde bevorder kan word en hulle wiskundeprestasie sodoende kan verbeter.

Hoewel die velde wat in Reynolds (2006) se omskrywing van die konsep 'studie-oriëntasie' voorkom nie presies dieselfde is as die velde wat tydens Maree (1997) se ontleding na vore getree het nie, is dit duidelik dat die outeurs andersins in elke opsig na dieselfde verskynsel verwys. Die rol van die ouer en onderwyser in die affektiewe, normatiewe, kognitiewe en liggaamlike begeleiding van die leerder tot optimale verwerking van sy/haar wiskundeprestasie word nou verder belig.

2.2.4 Skoolverwante faktore wat wiskundeprestasie beïnvloed

2.2.4.1 Inleiding

Die verwagtings van ouers, onderwysers en die gemeenskap het 'n invloed op die leerder se wiskundeprestasie (Fan & Chen, 2001; Feuerstein, 2000; Horn, 2008; Hong, Yoo, You & Wu, 2010; Johnson, 2009; Van der Walt, 2008). In 'n studie deur Nosek, Smyth, Sriram, Lindner, Devos, Ayala en Greenwald (2009) is daar bevind dat die oorgrote meerderheid van die respondente die mening huldig dat die manlike geslag beter as die vroulike geslag in die wetenskappe en wiskunde vaar. Die terugvoer wat leerders van hul ouers, maats en onderwysers kry, vorm 'n belangrike bron van selfkennis.

Onderwysers se verwagtings van die leerders in hulle klasse kan die prestasie van sodanige leerders beïnvloed. Indien ouers of onderwysers 'n lae ideaal of geen ideaal daarstel nie, kan leerders maklik daardie kriterium aanvaar vir hul prestasie in wiskunde. McCullough (2008:2866) wys op die invloed van positiewe stellings op leerders se wiskundeprestasie en stel dit dat *positive reinforcement does have an effect on students' achievement in mathematics.*

2.2.4.2 Die wiskunde-onderrig-leersituasie as 'n terrein waarop ontoereikende wiskundeprestasie kan manifesteer

Wiskunde probleme kan hul oorsprong by die onderrigsituasie hê. In die wiskunde-onderrig-leersituasie kan ten minste drie komponente onderskei word: die onderwyser, die leerder en wiskunde as vak/leerarea (Erasmus, 2002). Daar word kortliks op die belangrike rol van die onderwyser in die leerder se wiskundeprestasie gefokus.

i Rol van die onderwyser

Leerders leer op hul eie unieke wyse en dit geskied ten beste wanneer hulle hoogs gemotiveerd is (Ferrara, 2010). Zamarripa (2010) wys daarop dat onderwysdepartemente hoogs gekwalifiseerde wiskunde-onderwysers moet werf en behou omdat hulle 'n baie belangrike aandeel daaraan het om die wiskundeprestasie van leerders te verbeter. Die onderwyser/es speel onder meer 'n belangrike rol in die ontwikkeling van 'n leerder se selfdoeltreffendheid, wat volgens Johnson (2009:823) kan bydra tot verbeterde wiskundeprestasie: *Through enhancing students' self-efficacy, students' mathematics achievement is likely to improve*. Neseth, Savage en Navarro (2009) het bevind dat onderwysersteun aan leerders 'n dominante faktor in hul wiskundeprestasie is. Volgens Langlie (2008) is dit onderwysers wat leerders se belangstelling in wiskunde wakker maak. Hierdie bewusmaking van die belangrikheid van wiskunde in die daaglikse wêreld lei daartoe dat sommige leerders gemotiveer word om meer te wil weet van die toepassings van wiskunde in die basiese en toegepaste wetenskappe. Gesprek in die wiskundeklas is 'n belangrike kenmerk van 'n positiewe onderwyser-leerder-verhouding.

Bradford (2008: 3772) onderstreep die belangrikheid van gesprek in die wiskundeklas:

Classes using the dialogue activities were found to have more opportunities for student-led questions and explanations and displayed more indicators of student learning and attitudes than the control group classes. ... students who participated in mathematics dialogue activities had greater gains in mathematics achievement in both settings, ... and positive effects on student attitudes concerning self-concept ... mathematics dialogue activities are a promising intervention strategy for low achieving students.

Onderwysers kry die geleentheid om tydens groepsbesprekings op 'n deurlopende en gedetailleerde wyse leerders se insig en vordering te evalueer. Dit maak onmiddellike en buigsame terugvoer moontlik. Dit is belangrik dat leerders die nodige ondersteuning van die onderwyser kry. Die gebruik van wiskundegesprek kan 'n bydrae hiertoe lewer. Kyzer (2009) het in 'n kwalitatiewe studie bevind dat 'n positiewe onderwyser-leerder-verhouding veral vir hoërisikoleerders se wiskundeprestasie van belang is.

Mahoney (2009:1905) wys ook op die impak van verskillende onderrigmetodes en stel dit dat *programs and curriculums designed to meet the needs of specific groups of students could foster achievement*. Die opgaaf aan die onderwyser is dan om 'n werkende kennis van die verskillende leerstyle en gepaardgaande toepaslike onderrigmetodes op te bou. Maree (2009:92) maak die volgende stelling in die verband:

Problem-solving, problem-centred learning, social constructivism, and learner involvement during which learners discover, construct or shape their own standard strategies to solve problems are quite acceptable, but only as one approach, one way of discovering "truths", in conjunction with other approaches.

Die rol van die skoolopset waarbinne die leerder en onderwyser funksioneer, kom nou aan die beurt.

ii Die rol van die skoolopset

Verskeie studies verwys na die korrelasie tussen skoolprogramme en skoolprestasie (Cook, 2008; Weiss, Carolan & Baker-Smith, 2010). Chanal, Sarrazin, Guay en Boiché (2009:61) se navorsing het aangedui dat prestasie in liggaamlike opvoeding die leerder se wiskundeselfkonsep kan verhoog: *A positive path between PE (physical education) and mathematics SC (self-concept) was observed*. Cook (2008) het in sy navorsing het bevind dat leerders se wiskundeprestasie verbeter as hulle by 'n remediëringsprogram ingeskakel word.

Huang (2009:781-791) wys op die moontlike invloed wat die samestelling van die klas op die leerder se wiskundeprestasie kan hê:

Homogeneous grouping, relative to heterogeneous grouping, is found to have no significant impact on mean performance, but it does increase performance inequality by benefiting the high achievers at the expense of the low achievers.

Skoolgrootte vorm die fokus van internasionale debatte rakende wiskundeprestasie. 'n Studie deur Werblow en Duesbery (2009:14-23) het op die verband tussen skoolgrootte en skoolprestasie gewys: *Results support the benefits of smaller schools: students in smaller schools were less likely to drop out than their counterparts in large high schools*. Dit blyk dat klasgrootte veral 'n rol in skoolprestasie tydens die vroeë grade speel. Konstantopoulus en Chung (2009:125-154) sê in dié verband:

The results consistently indicated that all types of students benefit more in later grades from being in small classes in early grades. ... longer periods in small classes produced higher increases in achievement in later grades for all types of students.

Lubienski, Lubienski en Crane (2008:97-138) sluit hierby aan en meld dat *smaller class size, more prevalent in private schools, is significantly correlated with achievement*. Navorsing

deur Carolan (2010) wys egter daarop dat skoolgrootte nie korreleer met verbeterde wiskundeprestasie in Graad 12 nie. Shaw (2010:831) sê die volgende hieroor:

Contrary to most existing findings, school size, noisy environment, quality of light, ethnic composition, teacher certification rate, counsellor-student ratio, safety concern, student civility, and general positive climate do not show significant influence on achievement. ... The non-significance of contextual effect, however, suggests that the differences across schools do not matter; rather, the differences among students do.

Die ouer as primêre opvoeder het ook 'n belangrike taak in die verwesenliking van die leerder se wiskundepotensiaal.

2.2.5 Gesinsverwante faktore wat wiskundeprestasie beïnvloed

Azmitia, Cooper en Brown (2009:142) wys op die rol van ouers en die gesin in 'n leerder se wiskundeprestasie:

Youth reported that parents and siblings provided the most support and guidance across these years, followed by friends, and to a lesser extent, teachers, who primarily helped with homework. However, only families' support, guidance, and income predicted math grades.

In 'n studie deur Ozturk (2007) is daar bevind dat ouerbetrokkenheid 'n groter invloed het (as byvoorbeeld groepsinvloede) op leerders se toekomsverwagtings en die vlak waarop hulle wiskunde neem. Enkele faktore wat leerders se prestasie op skool potensieel positief beïnvloed en hul motivering om te leer verbeter, is ouers wat (i) rolmodelle vir hul kinders is en (ii) 'n ondersteunende leeromgewing (byvoorbeeld betrokkenheid by hul kinders se huiswerk, gesprekke oor hul ervarings en bespreking van skoolwerk) daarstel. Dit blyk dat ouers met lae sosio-ekonomiese status dikwels nie verwag dat hul kinders in wiskunde sal presteer nie en hulle dus nie tuis aanmoedig om te presteer nie, wat potensieel lei tot ontoereikende studie-oriëntasie en wiskundeprestasie (Maree & Molepo, 1999; Maree, Aldous, Hattingh, Swanepoel & Van der Linde, 2006; Van der Walt, 2008). Die soeklig val vervolgens op die verband tussen wiskunde, leesvermoë en die taal van wiskunde.

2.2.6 Wiskunde, leesvermoë en die taal van wiskunde as faktore wat wiskundeprestasie beïnvloed

Kommunikasie is 'n primêre kognitiewe funksie van alle sosiale spesies, en taal word deur mense gebruik as kommunikasiemedium (Van der Walt, 2008). Die realiteit van die onderwyssituasie in Suid-Afrika, waar leerders in meertalige klaskamers wiskunde aanleer deur medium van 'n tweede of selfs derde taal, vereis van hierdie leerders om 'n nuwe taal tesame met wiskunde-inhoud in die wiskundeklaskamer aan te leer (Setati & Adler, 2001;

Van der Walt, 2008). Hierdie outeurs wys verder daarop dat die aanleer van 'n eerste en tweede taal baie ooreenkomste toon, maar dat kognisie in die aanleer van die tweede taal 'n baie groter rol speel as by die aanleer van die eerste taal. Volgens Botes en Mji (2010) is linguistiese diversiteit 'n komplekse saak en word daar van onderwysers/esse verwag om hulpmiddels en strategieë te ontwerp wat dit vir die leerder moontlik sal maak om wiskundige terme en konsepte in Engels te 'verbind' met konsepte in hul moedertaal.

2.2.6.1 Wiskunde

Leerders gebruik taal om te fokus en deur probleme te werk, om idees op 'n betekenisvolle en duidelike wyse oor te dra, om idees te organiseer en argumente te formuleer en om eie denkprosesse te vergroot deur die insluiting van nuwe perspektiewe en ervarings (Martinez & Martinez, 2001). Taal speel dus 'n belangrike rol in metakognisie – waar leerders hulle eie denkprosesse moet verstaan en die buigbaarheid moet ontwikkel om idees voor te stel en te kan interpreteer. Deur taal word wiskunde nie net as 'n geïsoleerde leerarea gesien nie, maar as 'n lewensvaardigheid – 'n integrale deel van 'n groter geheel wat verbind kan word met konsepte en kennis regoor die kurrikulum.

2.2.6.2 Leesvermoë

Nie net die leerder se wiskundige taalvermoë nie, maar ook sy/haar algemene leesvermoë kan wiskundeprestasie beïnvloed (Magpui-Lavell, 2010). Bohlmann en Pretorius (2008) het bevind dat leesvermoë eerder as taalvaardigheid in Engels 'n meer beduidende rol speel as moontlike aanduiders van wiskunde-prestasie. Vroeë leesbegrip word volgens Grimm (2008) nie net in verband gebring met die verstaan van wiskundekonsepte nie, maar ook die toepassing van wiskundekennis.

2.2.6.3 Taal van wiskunde

Kenney *et al.* (2005) is van mening dat die moontlike probleme in die aanleer van wiskundetaal waarskynlik geleë is in die dubbele kodering wat deurentyd benodig word, aangesien:

die gesproke wiskundewoorde in die oorspronklike natuurlike konteks gekodeer word alvorens dit in die bepaalde wiskundekonteks (simbole en bewerkings) vertaal kan word; en die geskrewe wiskundewoorde of -simbole kodering vereis alvorens dit met 'n bepaalde wiskundekonsep verbind kan word.

Dlamini (2004) verwys ook na verbale en simboliese wiskundetaal:

mathematical verbal language and mathematical symbolic language constrained the learners' understanding of questions. In some questions, learners did not possess

the recognition rule to provide algebraic solutions to algebra word problems and lacked the realisation rule to provide legitimate algebraic solutions.

Royer en Walles (2007) wys daarop dat nie-kognitiewe faktore, insluitende geslag en kultuur, ook wiskundeprestasie kan beïnvloed. Daar word vervolgens gefokus op die rol wat geslag in wiskundeprestasie speel.

2.2.7 Geslagsverwante faktore en wiskundeprestasie

Liu en Wilson (2009:20) maak die volgende stelling met betrekking tot wiskundeprestasie en geslag: *Differential gender performance in standardized mathematics assessment has long been a heated topic.* Verskeie internasionale studies het die verband tussen geslag en die wiskundeprestasie van leerders ondersoek (Combs, Slate, Moore, Bustamante, Onwuegbuzie & Edmonson, 2010; Dumais, 2009; Frank, Muller, Schiller, Riegler-Crumb, Mueller, Crosnoe & Pearson, 2008; Lambertus, Bracken & Berenson, 2010; Nenty, 2008; Rinn, McQueen, Clark & Rumsey, 2008; Vrooman, 2010).

Maree, Aldous, Hattingh, Swanepoel en Van der Linde (2006) het in 'n studie in Mpumalanga bevind dat daar 'n beduidende verskil tussen die wiskundeprestasie van Graad 8 en 9 leerders ten opsigte van geslag was. Penner (2008) het in 'n studie bevind dat daar 'n beduidende verskil tussen die geslagte se wiskundeprestasie bestaan wat nie net vanuit 'n biologiese teorie verklaar kan word nie. Die studie het spesifiek op die toppresterders in wiskunde gekonsentreer. Volgens die outeur kan hierdie verskille toegeskryf word aan geslagsongelykhede in die werksplek en die status van vroue in die samelewing. Toppresterders in wiskunde koester hoër aspirasies regdeur hulle skoolloopbaan asook daarna (Shapka, Domene & Keating, 2008). Liu, Wilson en Paek (2008) se studie het aangetoon dat seuns en meisies se prestasie in die wiskundeklas gelyk is, maar dat daar 'n beduidende verskil in hul wiskundeprestasie in gestandaardiseerde toetse is. Combs *et al.* (2010) het ook beduidende verskille gevind in die seuns en meisies se tellings op die SAT (*Scholastic Assessment Test*). Daar bestaan verder verskille tussen die twee geslagte ten opsigte van probleemoplossingstrategieë en toetsgedrag in wiskunde (Paek, 2010; Abedalaziz, 2010). Daar kan dus nie onomwonde gestel word dat seuns beter presteer in wiskunde as meisies, of andersom nie. Uit bogenoemde studies blyk dit egter dat waar daar wel verskille tussen die wiskundeprestasie van die twee geslagte bestaan, verskeie faktore moontlik hierdie verskille kan verklaar. Daar word vervolgens kortliks op enkele van hierdie faktore gefokus.

Muthukrishna en Kwela (2010:3290) het bevind dat meisies beter presteer in wiskunde as seuns. Hierdie verskil in wiskundeprestasie kan toegeskryf word aan *the issue*

of boys and masculinities, the dynamics of classroom cultures, and the differential attitudes to learning in respect of boys and girls in the mathematics class. Volgens Van de Gaer, Pustjens, Van Damme en De Munter (2008) is seuns meer betrokke by die leergebeure in die wiskunde klaskamer. Frank *et al.* (2008) bevind egter dat meisies weer makliker deur sosiale norme beïnvloed word wanneer hulle keuses van wiskundekursusse moet maak.

2.2.7.1 Wiskundeprestasie, wiskundeselfbeeld en geslag

Antunes en Fontaine (2007:71) verduidelik die verband tussen wiskundeprestasie, wiskundeselfbeeld en geslag soos volg:

Mathematics is a core subject in every school curriculum and it is strongly correlated with math self-concept, which is defined as the subjective feelings and beliefs about one's competence in maths. In general, boys tend to report higher maths self-concept than girls.

2.2.7.2 Wiskundeprestasie en stereotipering

In 'n studie deur Hargreaves, Homer en Swinnerton (2008) is daar bevind dat nege tot dertienjarige begaafde leerders die persepsie huldig dat wiskunde 'n sogenaamde 'seunsvak' is. Watt (2008) het bevind dat tydens adolessensie stereotipes gehuldig word dat seuns beter vaar in wiskunde en meisies weer beter vaar in Engels. Nenty (2008:1496) maak die volgende stelling in verband met wiskunde en geslagstereotipering:

By endorsing the stereotypic belief that Mathematics is a male-only subject, some females accept the limitation placed on them by the gendering process and this inhibits the identification, development and utilization of their Mathematics ability for the development of self and the society.

2.2.7.3 Wiskundeprestasie en enkelgeslagklasse

Vrooman (2010) het bevind dat enkelgeslagklasse 'n groter impak het op die wiskundeprestasie van leerders as op die leesvlak van die leerders. Shapka (2009) en Boehnke (2008) beweer dat enkelgeslagklasse (en -skole) vir beide geslagte die moontlikheid van verbeterde wiskundeprestasie inhou.

2.2.7.4 Wiskundeprestasie, onderrigmetode en geslag

Anglin, Pirson en Langer (2008:132) wys ook op die verband tussen die onderrigmetode en die wiskundeprestasie van seuns en dogters:

The results from this study show that males performed better than females when mindful learning was not encouraged (absolute instruction), but males and females performed equally well when mindful learning was encouraged (conditional instruction). Thus we find that mindful learning moderates gender differences.

Die huidige literatuurstudie het ook oorwegend aangedui dat geslag wel moontlik 'n rol kan speel in onder andere die verband tussen wiskundeprestasie enersyds en andersyds wiskundeselfbeeld, -belangstelling en -motivering (Preckel, Goetz, Pekrun & Kleine, 2008); wiskundeangsg (Eshaq, 2008); metakognitiewe vaardighede en -aktiwiteite (Edwards, 2008); probleemoplossingstrategieë en -aktiwiteite (Paek, 2010); houding jeens wiskunde (Georgiou, Stavrinides & Kalavana, 2007); rol van groepsdruk (Frank, Muller, Schiller, Riegler-Crumb, Mueller, Crosnoe & Pearson, 2008; Dumais, 2009); en betrokkenheid by die klaskamergebeure (Van de Gaer *et al.*, 2008).

Suid-Afrika het 'n onstuimige politieke verlede met 'n geskiedenis van apartheid en ongelyke onderwysgeleenthede. Daar word nou gefokus op wiskundeprestasie in die Suid-Afrikaanse konteks.

2.2.8 Die unieke aard van die Suid-Afrikaanse konteks as faktor wat wiskundeprestasie beïnvloed

In die lig van die kompleksiteit rondom wiskundeonderrig in die Suid-Afrikaanse konteks is dit noodsaaklik om op uitdagings rakende tradisioneel wit en swart skole te let. Etlieke navorsingsprojekte (Berends, Lucas & Peñaloza, 2008; Martin, 2009) fokus op die rol van gesinne en skole op die wit en swart leerders se skoolastiese en wiskundeprestasie. Volgens Fleisch (2008) in Rademeyer (2009) bemeester die meerderheid Suid-Afrikaanse kinders wat benadeelde skole bygewoon het nie die basiese vlak van lees, skryf en wiskunde nie en hulle sukkel dus om met begrip te lees. Riegler-Crumb en Grodsky (2010) beweer dat daar steeds beduidende verskille tussen die wiskundeprestasievlakke van leerders op grond van hul etniese indeling en sosio-ekonomiese status bestaan. Hulle bepleit meer navorsing wat spesifiek gerig is op faktore wat hierdie verskille kan identifiseer. In 'n studie deur Burnett en Farkas (2009) is daar bevind dat armoede 'n statisties betekenisvolle negatiewe effek op die jonger leerder se wiskundeprestasie het. Volgens Reddy (2005) word toegang tot beter leerervarings in wiskunde deur finansiële hulpbronne bepaal. Benewens swak hulpbronne en infrastruktuur, kan Suid-Afrikaanse leerders se swak prestasie in wiskunde volgens Rademeyer (2009) ook dikwels direk gekoppel word aan

- die gehalte onderrig wat hulle kry;
- onvoldoende opleiding van onderwysers;
- 'n gebrek aan onderwysers in die algemeen;
- swak hulpbronne en infrastruktuur;
- te groot klasse;

- taalstruikelblokke;
- swak dissipline; en
- 'n gebrekkige leerkultuur by skole.

Vir die doel van my navorsing moet 'n ander, oënskynlik nie-verwante, maar tog aktuele faktor hier vermeld word. Vanweë die unieke aard van die Suid-Afrikaanse konteks as faktor wat wiskundeprestasie beïnvloed, is daar faktore buite die beheer van die Suid-Afrikaanse onderwysowerhede wat leerders se prestasie (insluitend hul wiskundeprestasie) beïnvloed. Dit sluit dit in dat daar tans talle immigrantekinders uit polities onstabiele lande is wat in Suid-Afrikaanse klasse geakkommodeer moet word. Die wiskundeprestasie van kinders wat van polities onstabiele lande na 'n ander land immigrer, is juis gewoonlik swakker as dié van ander immigrantekinders wat van lande kom waar die politieke bestel meer stabiel is (Levels, Dronkers & Kraaykamp, 2008). Daar is nie tans enige navorsing om die uitdagings ten opsigte van kinders van immigrante in Suid-Afrika en hul wiskundeprestasie te belig nie. Die oorgrote meerderheid van die leerders van die privaatskool wat by hierdie studie ingesluit is, kom van ander Afrikalande. Talle van hierdie lande beleef tans binnelandse situasies wat as polities onstabiel beskryf word.

2.2.9 Kultuur, ras, asook die land waarin leerders woon as faktore wat wiskundeprestasie beïnvloed

Die rol van kultuur in wiskundeprestasie vorm die fokuspunt van verskeie studies (Myemane, 2007; Iheanachor, 2007). Volgens Maree (1997) bestaan daar voldoende getuigenis dat verskillende kulture verskillende aspekte van taal, visualisering en wiskunde beklemtoon en langs hierdie weg die aanleer van sekere wiskundige konsepte vergemaklik of bemoeilik. As gevolg van die politiese verlede van verskeie lande is onderskeiding op grond van ras 'n addisionele werklikheid. Kelly (2009:47) verwys spesifiek na die 'swart/wit' gaping in die keuses wat leerders ten opsigte van wiskundekursusse maak:

Because of lower levels of achievement, prior course taking, and lower socioeconomic status, black students are much more likely than are white students to be enrolled in low-track mathematics courses by their 10th grade.

Wanneer die gedagteprosesse van die onderwyser en die kurrikulumontwikkelaar nie met dié van die leerder ooreenstem nie, ontstaan daar 'n meer subtiele kultuurverwante probleem in wiskunde, selfs in gevalle waar die onderwyser, leerders en die handboek dieselfde moedertaal besig. Nyaumwe (2006:50) bepleit die insluiting van sogenaamde 'ethno-mathematics':

Examples of how different trade in Zimbabwe apply mathematical concepts with precision without the practitioners receiving formal education are drawn from common cultural economic activities.

Chiu en Klassen (2010) het bevind dat leerders in lande waar ekonomiese welvaart beleef word, waar onsekerhede beter hanteer word en waar daar meer toegewendheid is ten opsigte van geslagrolle, positief met verbeterde wiskundeselfkonsep en wiskundeprestasie korreleer. In 'n studie deur Liu (2009:215) is daar bevind dat *math self-efficacy was ... the best predictor of math performance in both countries* (VSA en Hong Kong). Liu (2009:15) wys ook op kontrasterende bevindings tussen die twee kultuurgroepe (VSA en Hong Kong) sover dit wiskundeselfkonsep en wiskundeprestasie betref:

A striking mismatch was identified between Hong Kong students' superior math performance and extremely low math self-concept and between U.S students' high confidence and weak performance.

Ons reënboognasie bestaan uit verskillende kulture en daarom behoort die rol van kultuur in wiskundeprestasie in die Suid-Afrikaanse konteks 'n belangrike fokus te vorm van toekomstige navorsing.

2.3 SAMEVATTING

In Hoofstuk 2 is 'n leerteoretiese perspektief verskaf op die onderrig in en leer van wiskunde met spesifieke verwysing na adolessenteleer. Die begrip metakognisie is omskryf en daar is laastens gefokus op moontlike terreine waarop ontoereikende wiskundeprestasie sy opwagting kan maak. Die volgende opmerkings word samevattend gemaak:

- Uit die besprekings van die verskillende menslike ontwikkelingsteorieë blyk dit dat 'n finale en voldoende teorie nog nie geformuleer kan of ooit sal word nie. Sommige van die teorieë is vollediger en omvattender as ander. Elkeen van hierdie teorieë kan aanspraak maak op 'n deel van die waarheid sodat dit onder bepaalde omstandighede en vir 'n bepaalde doel as 'n geskikte raamwerk vir navorsing en praktykverbetering beskou kan word (Maree, 1997; Maree, 2009).
- Vir die doel van hierdie studie word wiskundeprestasie vanuit die sosiaal-konstruktivistiese perspektief belig. Die konstruktivistiese standpunt stel dit dat kennis nie op 'n rekenaarmatige wyse van een persoon na 'n ander oorgedra kan word nie. Die kind neem aktief deel aan die leerproses.
- Die kognitiewe veranderinge wat tydens adolessensie plaasvind, is net so dramaties soos die liggaamlike veranderinge wat tydens hierdie ontwikkelingstydperk voorkom

(Louw, 2007). Hierdie kognitiewe verandering beïnvloed alle aspekte van die adolessent se lewe, insluitende sy/haar wiskundeprestasie.

- Metakognisie word beskou as die belangrikste konsep in kontemporêre navorsing en die ontwikkeling van kritiese denke (Jarvis, 2005). Dit impliseer 'n komplekse en gevorderde kognitiewe proses en kan kortliks gedefinieer word as *the process of thinking about our own thinking*.
- Die verbande tussen die velde van studie-oriëntasie in wiskunde is uitgewys. Klem is geplaas op die belangrikheid van aandag gee aan leerders se studie-oriëntasie in wiskunde ten einde hul begrip in wiskunde te bevorder en daardeur hulle wiskundeprestasie te verbeter (Reynolds, 2006).
- Die skool en die gesin as moontlike terreine waarop ontoereikende wiskundeprestasie kan manifesteer, is ook verder belig.
- Die literatuurstudie dui aan dat geslag wel moontlik 'n rol kan speel in die verband tussen wiskundeprestasie enersyds en wiskundeselfbeeld, belangstelling, metakognitiewe vaardighede, probleemoplossingstrategieë, houding jeens wiskunde, rol van groepsdruk en betrokkenheid by die klaskamergebeure andersyds.
- Suid-Afrika beleef voorts unieke uitdagings in die strewende dat elke leerder in die reënboognasie sy/haar volle potensiaal kan bereik. Faktore soos taal, kultuur, leesvermoë, sosio-ekonomiese uitdagings en immigrasie uit buurlande dra onder meer by tot die kompleksiteit van ontoereikende wiskundeprestasie in die Suid-Afrikaanse konteks.

Emosionele intelligensie, die onderwerp van talle navorsingsprojekte in onder meer die sielkunde en opvoedkunde, word dikwels in verband gebring met leerders se studieoriëntasie, hul probleemoplossing en metaleer (Maree, 1997). In Hoofstuk 3 verskuif die soeklig dus na die konsep 'emosionele intelligensie'.