

DIE IMPLIKASIES VAN DIE OORGANG TOT DIE FORMAL-  
OPERASIONELE DENKVLAK VIR DIE ONDERRIG VAN NATUUR-  
EN SKEIKUNDE

Ingedien deur

STEFANUS JOHANNES PAUL DU PLESSIS

B.Sc., B.Ed.

Verhandeling voorgelê ter gedeeltelike voldoening  
aan die vereistes vir die graad

MAGISTER EDUCATIONIS

in die Fakulteit Opvoedkunde aan  
die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike  
Hoër Onderwys

POTCHEFSTROOM

Studieleier: Prof. dr. J.J. de Wet

Hulpleser: Dr. P.J. van Zyl

Januarie 1976

DANKBETUIGING

*Ek wil graag die volgende persone en instansies bedank:*

*my geagte studieleier, prof. J.J. de Wet, vir deskundige raad en leiding en groot persoonlike belangstelling;*

*dr. P.J. van Zyl as hulpleier, vir sy leiding en aanmoediging;*

*die Transvaalse Onderwysdepartement, vir die toestemming om die toetse te mag afneem;*

*die hoofde en personeel van die Sekondêre en Primêre Skool, Brits, vir hul vriendelikheid en hulp;*

*mev. M. Nelson, vir keurige taalkundige versorging;*

*mev. J. Knoetze, vir die spoedige en bekwame afhandeling van die tikwerk;*

*my ouers aan wie ek die werk opdra, vir volgehoue aanmoediging en ondersteuning deur die jare en*

*my vrou vir haar voortdurende bystand.*

*Al die eer kom God toe vir verstand en krag wat Hy gee.*

*S.J.P. du Plessis.*

*8 Desember 1975.*

## I N H O U D S O P G A W E

Dankbetuiging .....	(i)
---------------------	-----

### HOOFSTUK 1

#### INLEIDING

1.1 Doel van die ondersoek .....	1
1.2 Program van ondersoek .....	3

### HOOFSTUK 2

#### DENKONTWIKKELING VOLGENS JEAN PIAGET

2.1 Inleiding .....	5
2.2 Verskillende teorieë omtrent denkontwikkeling ...	5
2.2.1 Die behavioristiese siening van kinder- en denkontwikkeling .....	5
2.2.2 Die genetiese siening omtrent kinderontwikkeling .	6
2.3 Denkontwikkeling volgens Piaget .....	7
2.3.1 Inleiding .....	7
2.3.2 Piaget as genetiese epistomoloog .....	7
2.3.3 Piaget en die Opvoedkunde .....	8
2.3.4 Kritiese beskouing van Piaget se ondersoekmetodes	10
2.3.5 Beskrywing van die denke volgens die simboliese logika .....	12
2.3.6 Piaget se siening van intelligensie .....	12
2.3.6.1 Definisie .....	13
2.3.6.2 Oorsprong van intelligensie .....	13
2.3.6.3 Organisasie .....	14
2.3.6.4 Aanpassing .....	14
2.3.6.5 Skematiese voorstelling van verstandsonwikkeling	15

2.3.6.6	Strukture .....	16
2.3.6.7	Denkhandelinge .....	16
2.4	Kognitiewe ontwikkelingstadiums .....	16
2.4.1	Inleiding .....	16
2.4.2	'n Nadere omskrywing van Piaget se denkontwikkeling= stadiums .....	18
2.4.2.1	Inleiding .....	18
2.4.2.2	Die senso-motoriese denkhandelingstadium .....	18
2.4.2.3	Stadium van voor-operasionele denke .....	18
2.4.2.4	Stadium van konkrete denkhandelinge .....	19
2.4.2.5	Die formele denkhandelingstadium .....	19
2.5	Samevatting .....	19

### HOOFSTUK 3

#### DIE DENKE VAN DIE LEERLING IN DIE JUNIOR-SEKONDÊRE SKOOLFASE

3.1	Inleiding .....	21
3.2	Die konkreet-operasionele denkvlak .....	21
3.2.1	Kenmerke van denke in die konkreet-operasionele denk= vlak .....	21
3.2.2	Tekorte van denke in die konkreet-operasionele denk= vlak .....	23
3.3	Die oorgang van die konkreet-operasionele denkvlak na die formeel-operasionele denkvlak .....	24
3.3.1	Inleiding .....	24
3.3.2	Faktore wat die oorgang van konkreet-operasionele na formeel-operasionele denke bepaal .....	25
3.4	Die formeel-operasionele denkvlak .....	25
3.4.1	Algemene kenmerke .....	25
3.4.2	Groepe .....	27
3.4.3	Die traliestruktuur van formeel-operasionele denke .	28
3.4.4	Die logies-matematiese modelle van formeel-operasio= nele denke .....	29
3.4.4.1	Die sestien binêre denkhandelinge .....	30
3.4.4.2	Die INRC-sisteem .....	32

3.4.4.2.1	Die INRC-sisteem in stellingslogika .....	33
3.4.4.2.2	Die INRC-sisteem en denkhanelinge uitgevoer op fisiese stelsels .....	34
3.5	Vier eksperimente en die vereistes daarin gestel aan formeel-operasionele denke .....	35
3.5.1	Inleiding .....	35
3.5.2	Die kleurlose vloeistowwe-eksperiment .....	35
3.5.3	Die buigbaarheid van stafies-eksperiment .....	39
3.5.4	Ewig in die balans .....	41
3.5.5	Die ossillasies van die pendulum .....	44
3.6	Samevatting .....	46

#### HOOFSTUK 4

##### 'N ONTLEDING VAN DIE NATUUR- EN SKEIKUNDE SILLABUSSE IN DIE JUNIOR-SEKONDÊRE SKOOLFASE IN TRANSVAAL VOLGENS DIE VEREISTES DAARDEUR GESTEL AAN FORMEEL-OPERASIONELE DENKE

4.1	Inleiding .....	48
4.2	Vereistes gestel aan kurrikulum- en sillabuskonstruksie volgens die Piagetaanse teorie .....	48
4.3	'n Analise van die Natuur- en Skeikundesillabusse vir die junior-sekondêre skoolfase volgens vereistes daardeur gestel aan formeel-operasionele denke .....	50
4.3.1	Inleiding .....	50
4.3.2	Analise van st. 5-sillabus .....	51
4.3.3	Analise van st. 6-sillabus .....	53
4.3.4	Analise van st. 7-sillabus .....	56
4.4	Samevatting .....	58

#### HOOFSTUK 5

##### METODE VAN ONDERSOEK

5.1	Doel van die ondersoek .....	61
5.2	Keuse van proefpersone .....	62

5.3	Gegewens omtrent proefpersone .....	63
5.4	Die meetinstrumente .....	65
5.4.1	Inleiding .....	65
5.4.2	Tipes .....	66
5.4.3	Die intelligensietoets .....	66
5.4.4	Bepaling van prestasie in Natuur- en Skeikunde ...	66
5.4.5	Insameling van gegewens .....	67
5.4.6	Toetse vir bepaling van die denkvlak .....	67
5.4.6.1	Die kombineringsvermoë (Toets A) .....	68
5.4.6.2	Die skeiding van veranderlikes (Toets B) .....	71
5.4.6.3	Ewig in die balans (Toets C) .....	72
5.4.6.4	Die ossillasies van 'n pendulum en die denkhande= linge van uitsluiting (Toets D) .....	75
5.5	Geldigheid .....	76
5.6	Betroubaarheid .....	77
5.7	Statistiese tegnieke .....	77
5.8	Verwerking van gegewens .....	79

## HOOFSTUK 6

### NAVORSINGSRESULTATE

6.1	Inleiding .....	80
6.2	Resultate .....	80
6.2.1	Hipotese 1 .....	80
6.2.2	Hipotese 2 .....	83
6.2.3	Hipotese 3 .....	84
6.2.4	Samevatting .....	87
6.3	Opvoedkundige implikasies .....	87
6.3.1	Kurrikulum- en sillabussamestelling .....	87
6.3.2	Differensiasie .....	89
6.3.3	Invloed op metode .....	89
6.3.4	Voorspelling van prestasie in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase .....	90

6.3.5	Moontlike verklaring vir leerprobleme .....	90
6.4	Aanbevelings .....	90
6.5	Moontlikhede vir verdere studie .....	91
6.5.1	Opvolgstudie .....	91
6.5.2	Gestandaardiseerde Piaget denkvlaktoetse .....	92
6.5.3	Statistiek i.s. persentasie leerlinge van 'n bepaal= de ouderdom wat 'n sekere denkvlak bereik het ....	92
6.6	Moontlike tekortkominge in die ondersoek .....	92
6.7	Samevatting .....	93

## HOOFSTUK 7

### SAMEVATTING

7.1	Die doel van die ondersoek .....	95
7.2	Literatuuroorsig .....	95
7.3	Analise van die Natuur- en Skeikundesillabusse in die junior-sekundêre skoolfase .....	96
7.4	Empiriese navorsing .....	97
7.5	Navorsingsresultate .....	98
7.6	Implikasies en aanbevelings .....	99
7.7	Moontlikhede vir verdere navorsing .....	100

<u>SUMMARY</u> .....	101
----------------------	-----

<u>AANGEHAALDE LITERATUUR</u> .....	103
-------------------------------------	-----

## HOOFSTUK 1

### INLEIDING

#### 1.1 Doel van die ondersoek

Die doel van die ondersoek is om die oorsaak te probeer vind vir die swak prestasie in Natuur- en Skeikunde van leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase wat oor hoë kwantitatiewe intellektuele vermoëns beskik soos weerspieël deur die I.K.. In hierdie ondersoek sal aangetoon word dat heelwat van bg. leerlinge nog nie die formeel-operasionele denkvlak in dieselfde mate bereik het as leerlinge met 'n hoë I.K. wat goed in Natuur- en Skeikunde presteer nie.

'n Ondersoek soos hierdie is dringend nodig omdat daar die afgelope dekade 'n relatiewe vermindering is in die aantal leerlinge wat Natuur- en Skeikunde neem (Departement van Statistiek, 1964 tot 1972). Die oorsaak daarvan moet gesoek word.

Natuur- en Skeikunde as vak begin eers by die junior-sekondêre skoolfase waar alle leerlinge die vak moet neem. In die senior-sekondêre skoolfase word dit 'n keusevak en die oorgrote meerderheid van die leerlinge verkies dan om ander vakke eerder as Natuur- en Skeikunde te neem.

Die aanvraag vir matrikulante met Natuur- en Skeikunde as vak word steeds groter a.g.v. die vooruitgang en ontwikkeling op die gebied van die natuurwetenskappe en die daaruitvolgende tegnologie en industrie. Dit kan ook nie voorsien word dat daar enige afname sal wees in die vraag na natuurwetenskaplikes nie aangesien die wetenskaplike revolusie net in momentum en grootte sal toeneem (Wood, 1958, p. 1).



Die tendens hierbo genoem openbaar hom ook aan die Suid-Afrikaanse universiteite waar daar oor die afgelope 10 jaar in werklikheid 'n afname in die persentasie Fisika- en Chemie-studente was in verhouding tot die totale studentetal. 'n Gevolg hiervan is dat daar in Suid-Afrika 'n nypende tekort aan opgeleide Natuur- en Skeikunde-onderwysers is. 'n Mens kan tereg vra of hierdie bese kringloop nie sy oorsprong op die skool het nie.

Dit is bekend dat baie leerlinge probleme ondervind om leerstof te begryp. Ten spyte van herhaalde verduidelikings verkry sommige leerlinge (waaronder ook leerlinge met hoë I.K.'s) nie werklik insig in die leerstof nie. Die kind is 'n vreemdeling in die denkwêreld van die volwassene. Dit verskil kwantitatief en kwalitatief. Die denke van kinders verskil ook onderling. Elke kind se denke gaan sekere vaste stadiums deur voordat die volwassene se denkvlak bereik word. Behalwe vir die kwantitatiewe sy van denke soos gemeet deur I.K.-toetse is daar ook 'n kwalitatiewe sy. Dit is dan veral oor hierdie kwalitatiewe sy van denke waarvoor dit in die ondersoek gaan.

Die relatiewe vermindering in belangstelling en skynbare onvermoë van leerlinge om die leerstof in Natuur- en Skeikunde te begryp, mag die gevolg daarvan wees dat die leerstof nie aangepas is by die denkvlak van die leerlinge nie. Die leerstof stel moontlik eise aan die denke van die leerling waaraan hy nie kan voldoen nie.

Dit is bekend dat daar 'n belangrike oorgang in die denke van die leerling is gedurende die junior-sekondêre skoolfase nl. van die konkreet-operasionele na die formeel-operasionele denkstadium. In die junior-sekondêre skoolfase ontstaan baie van die probleme omtrent begrip en insig in Natuur- en Skeikunde. Aan die einde van die skoolfase moet leerlinge finaal hulle vakkeuses doen.

Die leerling in die primêre skool is hoofsaaklik in die konkreet-operasionele denkstadium. Gedurende die denkstadium is die denke sterk gebonde aan die empiriese werklikheid. Die leerlinge in die

sekondêre skool is hoofsaaklik in die formeel-operasionele denkstadium. Hierdie stadium word gekenmerk deur die vermoë om tale moontlike oplossings van 'n probleem te oorweeg en om hipoteties-deduktief te dink. Die denke is nie meer gebonde aan die konkrete nie en die vermoë tot abstrakte denke tree gedurende dié stadium na vore. Denkhandelinge kan op denkhandelinge uitgevoer word.

Dit is bekend dat leerlinge hierdie oorgang van die een denkstadium na die volgende denkstadium nie op dieselfde ouderdom ervaar nie. Daar sal dus leerlinge wees wat met bepaalde leerstof probleme ondervind terwyl hul maats van dieselfde ouderdom en met dieselfde I.K. tog die leerstof sal begryp. As hierdie stelling waar is wat betref Natuur- en Skeikunde is die opvoedkundige implikasies daarvan baie groot en was 'n ondersoek soos hierdie reeds lankal nodig aangesien, sover bekend, 'n soortgelyke ondersoek nog nie tevore gedoen is nie. (Du Toit (1975) het wel 'n ondersoek gedoen waar swak prestasie in Wiskunde in verband gebring is met die niebereiking van die konkreet-operasionele denkvlak.) Eerstens sal sillabussamestellers moet sorg dat die leerstof verband hou met die denkontwikkeling van die kind. Differensiasie tussen leerlinge sal ook moet geskied op grond van die denkontwikkeling. Die metode van onderrig sal moet aanpas by die denkvlak wat die kind bereik het.

## 1.2 Program van ondersoek

Om die doel van die ondersoek te bereik, is dit nodig dat die 11- tot 15-jarige kind se denke ontleed moet word. Die 11- tot 15-jarige leerling, d.w.s. die leerling in die junior-sekondêre skoolfase is gewoonlik, volgens die denkstadiums van Piaget, óf in die konkreet-operasionele denkstadium, óf in die formeel-operasionele denkstadium óf in 'n oorgangstadium tussen bg. twee denkstadiums. Hierdie stadiums van ontwikkeling in die denke word in hoofstukke 2 en 3 bespreek.

In hoofstuk 4 word die Natuur- en Skeikunde sillabusse vir die junior-sekondêre skoolfase ontleed om te sien watter vereistes dit aan formeel-operasionele denke stel. Hieruit kan afgelei word of die leerstof aanpas by die denkontwikkeling van die kind.

In hoofstuk 5 volg 'n bespreking van die metode van ondersoek en in hoofstukke 6 en 7 word die resultate van die ondersoek weergegee, bespreek en gevolgtrekkings daaruit gemaak.

## HOOFSTUK 2

### DENKONTWIKKELING VOLGENS JEAN PIAGET

#### 2.1 Inleiding

Denkontwikkelingsteorieë kan in twee hoofgroepe ingedeel word.

Eerstens is daar die teorie soos veral gehuldig deur die behavioriste dat denkontwikkeling in die eerste en vernaamste plek afhanklik is van faktore ekstern aan die kind.

'n Tweede beskouing, die genetiese, is dat denkontwikkeling hoofsaaklik deur interne faktore bepaal word.

In hierdie hoofstuk word 'n kort beskouing van die 2 gedagterigtings weergegee. Jean Piaget, as verteenwoordiger van die genetiese rigting, se teorie en werk word in meer besonderhede behandel.

#### 2.2 Verskillende teorieë omtrent denkontwikkeling

##### 2.2.1 Die behavioristiese siening van kinder- en denkontwikkeling

Volgens die behaviorisme is ontwikkeling die gevolg van leer. Die kumulatiewe effek van leer is die eintlike oorsaak van denkontwikkeling. Intellektuele gedrag word bepaal deur dit wat in die verlede geleer is. 'n Ouer kind verwerf makliker begrip van 'n saak as die jonger kind bloot omdat hy in die verlede meer geleentheid gehad het om op stimuli te reageer en dus meer geleer het. Die verskil is nie toe te skryf aan kwalitatiewe verskil in intellektuele vermoëns nie.

Gagné, as aanhanger van die teorie oor stimulus-respons (SR), sien die gedrag van die mens as response op eksterne stimuli. Hy be-

skryf die verandering in intellektuele gedrag vanuit dit wat kinders leer. "The human skills, appreciations, and reasonings ..... depend for their development largely on the events called learning." (Gagné, 1971, p. 1).

Die faktore wat groei beïnvloed word volgens Gagné (1971, p. 2) wel geneties bepaal maar die faktore wat leer beïnvloed word hoofsaaklik bepaal deur faktore in die individu se omgewing. Na die oomblik van bevrugting is die individu se groei geneties bepaal, maar die wyse waarop die leerder leer is geweldig beïnvloedbaar. Die gebeure wat 'n individu beleef - in sy huis, in die skool, in die geografiese en sosiale omgewing - sal bepaal wat hy sal leer en watter tipe persoon hy sal word.

Denkontwikkeling word dus kumulatief deur voorafgaande leer bepaal. Gagné definieer leer dan ook as die verandering in menslike bekwaamheid wat nie net toegeskryf kan word aan groei nie (Gagné, 1971, p. 3). Die eksterne stimuli het die leerder so beïnvloed dat sy prestasie na die situasie anders is as daarvoor.

### 2.2.2 Die genetiese siening omtrent denkontwikkeling

Biologiese groei, wat die ontwikkeling van die intellek insluit, is nie iets wat by die mens gevoeg word nie, nie iets van buite nie, maar is deel van die ingebore aard van die mens. Die ontwikkeling van denke word die beste verklaar deur die inherente strukture wat geneties bepaal is.

Die reaksie van 'n organisme\* is nie net 'n respons op eksterne stimuli nie, maar is altyd en op alle vlakke die respons van die onderliggende struktuur binne die organisme. Om reaksies te verklaar, moet dié struktuur eers verklaar word. Eers as die struktuur ontdek is wat onderliggend is aan die respons kan die aard van die stimulus beskryf word (Furth, 1969, p. 12).

\* Piaget as ewolusionis gebruik die woord organisme i.p.v. mens - skrywer verskil hier radikaal van hom.

Vir Piaget is 'n respons altyd saamgestel volgens determinante intrinsiek aan die eie struktuur van die lewende organisme. Hierdie intrinsiek bepaalde kognitiewe ontwikkeling verdeel Piaget in vier hoofstadiums. (Vgl. par. 2.4.2).

Bruner kan ook as genetikus beskou word (Hyde, 1970, p. 21) maar verteenwoordig 'n standpunt tussen dié wat reeds bespreek is. Vir hom is die verhaal van die vermoë van die mens die verhaal van die ewolusie van die mens self. Wat so uniek omtrent die mens is, is dat sy groei as individu afhang van die geskiedenis van sy spesie - nie van die geskiedenis soos weerspieël in sy gene en chromosome nie, maar eerder soos weerspieël in 'n kultuur buite die mens se weefsels en wyer in gebied as beliggaam in een mens se vermoë. Die grense van groei hang af van hoe 'n kultuur die mens bystaan om sy intellektuele potensiaal te gebruik (Bruner, 1965, p. 1007). Die oorge-erfde vermoëns saam met beïnvloeding van buite is die hoofelemente wat kognitiewe ontwikkeling bepaal.

## 2.3 Denkontwikkeling volgens Piaget

### 2.3.1 Inleiding

By 'n nadere ondersoek van Jean Piaget se werk is daar 'n paar aspekte wat besonders en uitstaande is.

Uitstaande fasette is Piaget se benadering van denkontwikkeling vanuit die genetiese epistemologie, sy besondere invloed op die opvoedkunde terwyl hy self eintlik nie 'n opvoedkundige is nie, sy onortodokse ondersoekmetodes waarmee hy soveel sukses behaal het, sy siening van intelligensie en die indeling van die denkontwikkeling in stadiums.

### 2.3.2 Piaget as genetiese epistemoloog

Piaget se benadering tot kinderontwikkeling is interdisiplinêr. Hy het sy akademiese loopbaan begin met 'n groot belangstelling

in die biologie wat hy dwarsdeur sy lewe behou het. Die biologiese agtergrond het baie van die begrippe wat hy gebruik, voorsien.

'n Ander belangstelling van Piaget is die logika. Dit word veral duidelik waar hy die verinnerliking van die kind se handeling beskryf. Hiermee word dan die simboliese prosesse verduidelik (Hyde, 1970, p. 22).

Piaget se grootste belangstelling lê egter in die genetiese epistemologie - dit wat te doen het met die teorieë omtrent kennis, die maniere waarop die mens die wêreld sien, gebeure klassifiseer en in verband bring met een of ander stelsel. Navorsingswerk in genetiese epistemologie poog om meganismes van die groei van kennis te analiseer in soverre dit betrekking het op wetenskaplike denke. Dit bestudeer die oorgang uit die toestand van min kennis na dié van gevorderde kennis. Piaget se hele benadering tot die epistemologie is geneties, d.w.s. die intelligente gedrag word geanaliseer in verhouding tot die groei-kontinuum.

Kennisgroei is vir Piaget nie die gevolg van kumulatiewe verkryging van inligting nie of nie toe te skryf aan skielike insig wat onafhanklik is van voorafgaande gebeure nie. Kennisontwikkeling is die resultaat van 'n proses wat essensieel gebaseer is op die aktiwiteit van die kind. Hier sluit Piaget nou aan by die werk van Emmanuel Kant. Die mens is nie 'n skoon vel wat die wêreld passief ontvang nie maar dit wel aktief struktureer - die kind ontvang nie alle kennis deur sy sintuie nie. Daar is sekere begrippe soos dié van ruimte, tyd, oorsaaklikheid en permanentheid van voorwerpe wat nooit eksplisiet onderrig is nie wat die kind tog sy eie maak (Case, 1973, p. 28).

### 2.3.3 Piaget en die Opvoedkunde

Piaget is nie 'n opvoedkundige in die ware sin van die woord nie.

Hy is ook nie in die eerste plek besig met die probleme van die opvoeding nie. Hy is die beste bekend as genetiese epistomoloog, kinderpsigoloog, filosoof, dierkundige en logikus-wiskundige. Primêr is sy werk filosofies van aard en is 'n teorie van kennis en kennis, gebaseer op empiriese getuienis.

Dit is egter so dat kenteorieë nog altyd 'n groot invloed gehad het op opvoedkundige teorie en praktyk. Dit geld ook by uitstek vir die werk van Piaget. Hoewel Piaget sê hoe die kind leer, sê hy nêrens presies hoe onderrig moet word nie. Tog is sy invloed vandag in die opvoedkundige teorieë en praktyke waar te neem in Europa en die V.S.A. en selfs in lande agter die ystergordyn. Hy het 'n nuwe en empiries gegronde begripsraamwerk daargestel waaruit opvoedkundige probleme benader word.

Elke opvoedingsfilosofie het 'n eie kindbeskouing en ook Piaget het 'n unieke siening van die kind. Vir hom het die kind dieselfde gevoelens as volwassenes maar heeltemal verskillende gedagtes. Uit Piaget se werk vloei veral twee opvoedkundige implikasies voort. Aangesien die kind 'n vreemdeling in die gedagte-wêreld van die volwassene is, is dit logies dat daar 'n kommunikasieprobleem kan ontstaan. Tweedens probeer die kind aktief sy eie wêreldbeeld skep. Die opvoedkundige moet nou nie die kind se kennisdors demp deur onbuigbare kurrikula nie maar moet hom positief bystaan. Die kurrikulumopeenvolging moet ook opgestel word volgens die kind se veranderende kognitiewe vlak (Elkind, 1970, p. 81).

Die doel van die opvoeding moet volgens Piaget in die eerste plek wees om mense te vorm wat nuwe dinge kan doen en nie net herhaal wat ander gedoen het nie. 'n Tweede doel is om kritiese denke by die kind te ontwikkel sodat die kind kan verifieer en nie alles as vanselfsprekend aanvaar nie (Sigel, 1969, p. 429).



#### 2.3.4 Kritiese beskouing van Piaget se ondersoekmetodes

Piaget maak in sy ondersoek gebruik van die sg. kliniese metode waar die eksperimenteerder voortdurend in gesprek is met die proefpersoon. Die dialoog word dan gevorm volgens die response van die proefpersoon.

Piaget se metodes gaan verder as die eksperimentele psigologie. Hy stel sy vrae vanuit die gesigspunt van die psigo-epistemologie en die resultate wat hy verkry, analiseer hy baiekeer deur gebruik te maak van logiese simbolisme (Furth, 1969, p. 23). Hierdie buigbare ondersoekmetode is werklik baanbrekerswerk op die gebied van denkontwikkeling en toon aan dat die hulp van talle tegniese hulpmiddels soos ons dit vandag het, nie kan opweeg teen die genialiteit van een besondere persoon soos Piaget nie.

Piaget se ondersoek is hoofsaaklik ontwerp om die denkhandelingsmeganismes bloot te lê en die kind word baie gekonfronteer met die fisiese of ruimtelike transformasie van die materiële. Piaget se metode vereis dat die eksperimenteerders goed onderlê moet wees in die hantering van die kliniese metode en presies moet weet wat eintlik getoets word omdat uit die proefpersoon se respons die volgende vraag sal ontwikkel. Nie net die respons is belangrik nie, maar ook die verduideliking daarvan deur die proefpersoon. Die eksperimenteerder wysig ook sy vrae en eksperimentele omstandighede om so die egtheid en betroubaarheid van response te toets. Piaget glo dat die metode waarvoor daar verbeelding sowel as kritiese beskouing nodig is 'n betroubaarder prentjie van die kind se denkontwikkeling sal gee as die gebruik van gestandaardiseerde toetse. Met lg. toetse kan onverwagte maar nogtans belangrike aspekte van denke oor die hoof gesien word.

Kenners op die gebied van die eksperimentele psigologie, logika en wiskunde beskou Piaget soms as te eklekties en 'n indringer in vakgebiede anders as sy eie. Dit is egter so dat Piaget goed vertrouwd is met gestandaardiseerde toetse. Hy het selfs met Binet saamge-

werk aan die standaardisering van tradisionele toetse in die Binet-laboratorium (Green, Ford en Flamer, 1971, p. 215). Nogtans glo hy dat die kliniese ondersoekmetode die beste lig sal werp op denkontwikkeling. Die resultaat verkry volgens die metode leen hom nie goed tot statistiese ontleding nie. Sommige van die toetsprosedures is wel gestandaardiseer met die gepaardgaande verlies aan buigbaarheid, maar het tog breë bevestiging verskaf vir die opeenvolging van denkstadiums soos deur kwalitatiewe en logiese metodes daargestel.

'n Groot nadeel van die kliniese metode is dat dit baie swaar leun op die taal as kommunikasiemiddel tussen eksperimenteerder en proefpersoon. Dit vereis dus 'n hoë mate van taalbevoegdheid van beide. Met klein kinders met beperkte woordeskat kan vrae nie presies geformuleer word nie. Soos die ouderdom en ontwikkeling van die kind toeneem, word die formulering ook beter. In 'n mate is dit dan ook nie snaaks dat Piaget vind dat die antwoorde verbeter nie. Die vraag kan gestel word of dit wat ondersoek word die begrippe onder bespreking is of vaardighede in kommunikasie. Vir kinders het begrippe soos „min of meer" en „gelyk" nog nie volle betekenis nie terwyl dit tog dikwels in Piaget se vraagstelling voorkom.

So bv. word by die bestudering van insluiting in klasse houtkrale waarvan sommige geveerf is aan die kind getoon. Die vraag word dan gevra: Watter is die meeste; die bruin krale of die houtkrale? As die kind egter 'n rukkie later 'n opmerking maak oor blomme en primulas, maak Piaget die opmerking dat die kind optree asof primulas nie blomme is nie! Volgens Freudenthal is dit nie naastenby toetse vir klasinsluiting nie maar eerder toetse vir taalkunlike gedrag (Freudenthal, 1973, p. 673).

Dit blyk dus dat die kliniese metode met groot omsigtigheid hanteer moet word. Veral moet gewaak word daarteen om te aanvaar dat elke respons van die kind veelbetekenend is en dat dit weer sal voorkom.

### 2.3.5 Beskrywing van die denke volgens die simboliese logika

Piaget beskryf graag die denke in terme van die simboliese logika. Baie psigoloë het egter 'n vooroordeel teen die gebruik van die tipe nie-kwantitatiewe algebra. Hul grootste beswaar teen die gebruik van die simboliese logika is dat die poging wat nodig is om die simboliese-logika-begrippe baas te raak, nie geregverdig is in terme van die beter begrip van die intellek wat daaruit voort-spruit nie. Piaget redeneer egter dat as psigoloë kwantitatiewe metodes gebruik in statistiese analise, daar geen rede is waarom nie-kwantitatiewe algebra nie gebruik kan word vir die beskrywing van die intellek nie (Boyle, 1966, p. 54).

Vir die analise van denkprosesse het Piaget modelle geleen van die moderne wiskunde soos Klein se viergroep en roosters en strukture van Bourbaki (Furth, 1969, p. 26). Dit is egter nie te sê dat Piaget vooraf besluit het dat die kind se denke sal ooreenstem met die wette wat logiese en matematiese strukture beheers nie. Hierdie modelle verteenwoordig volgens Piaget die ideale stelsel van alle moontlike denkhandelinge, terwyl werklike denke die keuse tussen hulle maak (Shantz en Sigel, 1967, p. 1).

Wiskundiges maak beswaar teen Piaget se gebruik van matematiese terminologie en die toepassing daarvan met verskil in betekenis van die oorspronklike. So word identies en gelyk as sinonieme gebruik (Freudenthal, 1973, p. 666). 'n Wiskundige gebruik goed gedefinieerde begrippe terwyl Piaget dit soms nalaat. Volgens Freudenthal (1973, p. 663) verstaan Piaget self nie baie van die begrippe wat hy gebruik nie soos kardinaalgetal, ordinaalgetal en transformasiegroep.

### 2.5.6 Piaget se siening van intelligensie

### 2.3.6.1 Definisie

Piaget definieer intelligensie as 'n staat van ewewig waarna alle opeenvolgende aanpassings van 'n sensories-motoriese en kognitiewe aard neig, sowel as alle assimilatoriese en akkomodatoriese interaksies tussen die organisme en die omgewing (Helmore, 1969, p. 5).

Groei in intelligensie is dus die groei van die vermoë om balans te vind op 'n al hoër trap van kompleksiteit.

### 2.3.6.2 Oorsprong van intelligensie

Oorerwingsfaktore bepaal volgens Piaget gedeeltelik die intellektuele ontwikkeling. Hier maak Piaget onderskeid tussen besondere of spesifieke oorerwing en algemene oorerwing. Besondere oorerwing is verbonde aan die sentrale sensuweestelsel en sintuie en plaas sekere beperkings op intellektuele ontwikkeling. Die oogstrukture veroorsaak dat die oog op 'n besondere manier waarneem en dit kan nie beter nie. Algemene oorerwing wat eintlik die organiserende en deduktiewe aktiwiteit is, is onbeperk. Hier het ons meer te doen met die oorerwing van die funksie self en nie van strukture nie (Piaget, 1953, p. 1). Die algemene oorerwing of oorgeerfde gedragsreaksies het 'n invloed gedurende die eerste paar dae van die menslike lewe, maar daarna word dit heeltemal verander as die suigling in interaksie met sy omgewing kom (Ginsburg en Opper, 1969, p. 17).

Verstandsgroei word dus nie net bepaal deur aangebore faktore nie, maar moet gesien word as die resultant van interaksie tussen die volwasse-wordende organisme en die omgewing in ooreenstemming met fundamentele biologiese beginsels (McNally, 1974, p. 3).

Daar is vier faktore wat bydra tot die intellektuele ontwikkeling nl. senuryping, ondervinding, sosiale oordrag en ewewig. Eg. drie faktore speel volgens Piaget 'n rol maar is nie voldoende nie omdat die individu dan passief is. 'n Individu leer om die wêreld te sien as gestruktureerd na die mate wat hy op die wêreld inwerk, dit

transformeer, en suksesvol is om hierdie aksies en transformasies te koördineer (Duckworth, 1964, p. 172).

Afgesien van algemene en besondere oorerwing beïnvloed biologiese faktore intelligensie dus op 'n derde wyse. Die mens erf twee basiese geneighede of invariante funksies oor, nl. aanpassing en organisasie.

#### 2.3.6.3 Organisasie

Organisasie is die tendens van alle spesies om hul prosesse te sistematiseer en te organiseer in koherente stelsels wat fisies of psigologies kan wees (Ginsburg en Opper, 1969, p. 17).

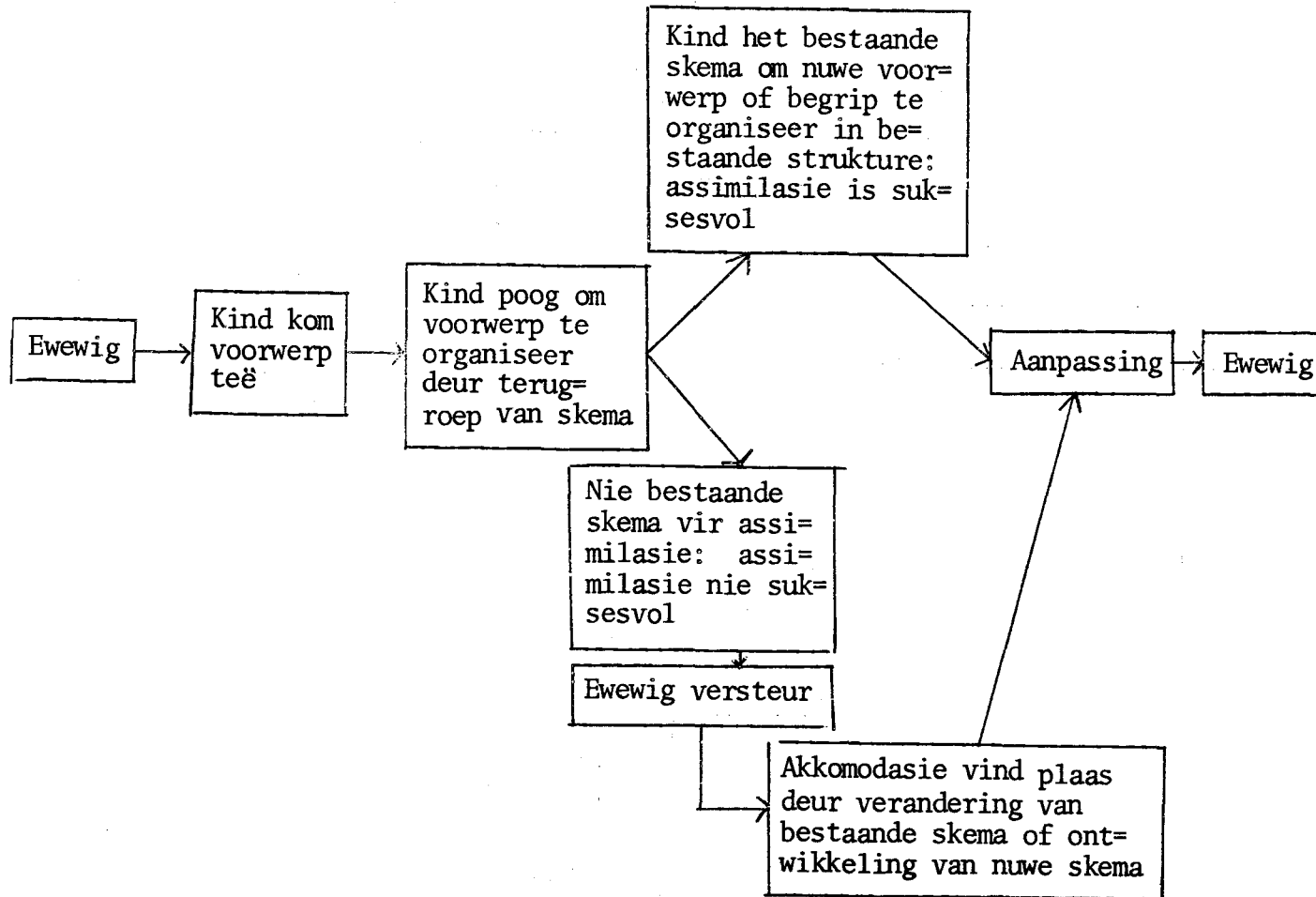
Net soos die bloedsomloopstelsel en kliere op biologiese vlak gekoördineer word in 'n effektiewe stelsel waar bv. die pankreas insulien afskei om bloedsuiker te verminder om so ewig in die liggaam te bewaar - net so vind organisasie op intellektuele vlak plaas (McNally, 1974, p. 5).

#### 2.3.6.4 Aanpassing

Alle organismes word gebore met die vermoë om te kan aanpas by die omgewing. Die wyse van aanpassing verskil van individu tot individu. Aanpassing kan gesien word in terme van twee komplementêre prosesse wat altyd gelyktydig plaasvind nl. assimilasië en akkommodasië. (Vir meer inligting omtrent assimilasië en akkommodasië, vgl. Inhelder en Piaget, 1970, pp. 4 en 5).

Dit is belangrik om daarop te let dat ewig soos Piaget dit gebruik, nie statiese balans voorstel nie maar dat assimilasië en akkommodasië in balans kom om die mens voor te berei vir 'n nuwe aanpassing (McNally, 1974, p. 10).

Kognitiewe ontwikkeling soos gesien deur Piaget



2.3.6.6.5 Skematiese voorstelling van verstandsonwikkeling

Skematies kan die verstandsonwikkeling soos deur Piaget beskryf soos volg voorgestel word (McCormack en Bybee, 1971, p. 234):

### 2.3.6.6 Strukture

Piaget bepaal hom nie soseer by die funksie en inhoud van ontwikkelende intelligensie nie as eerder by die struktuur daarvan.

Met inhoud bedoel Piaget die rou, ongeïnterpreteerde gedragsdata self en met funksie verwys Piaget na die breë eienskappe van intelligente aktiwiteit wat in werklikheid die ware essensie van intelligente gedrag definieer.

Tussen funksie en inhoud postuleer Piaget die bestaan van kognitiewe strukture.

Strukture is die organiseringsienskappe van intelligensie en bepaal die aard van intellektuele gedrag (Flavell, 1963, p. 17). Strukture, soos inhoud, maar nie soos funksie nie, verander met die ouderdom van die kind.

### 2.3.6.7 Denkhandelinge

Denkhandelinge is verinnerlikte aksies wat omkeerbaar is. Piaget onderskei twee vorms van omkeerbaarheid nl. inversie en wederkerigheid (Inhelder en Piaget, 1958, p. 6). So bv. is die inversie van  $+A$ ,  $-A$  en die wederkerige van  $A < B$ ,  $B < A$ . Dit is wel handelinge omdat dit eers op voorwerpe uitgevoer is voordat dit op simbole uitgevoer is. Dit is verinnerlikbaar, omdat dit ook op denke uitgevoer kan word sonder om hul oorspronklike karakter van handelinge te verloor.

Denkhandelinge kan nooit geïsoleerd bestaan nie en is aaneengeskakel in gestruktureerde gehele (Piaget, 1956, p. 9).

## 2.4 Kognitiewe ontwikkelingstadiums

### 2.4.1 Inleiding

Piaget sien intellektuele ontwikkeling as 'n kontinue proses van or-

ganisasie en reorganisasie van struktuur, en elke nuwe organisasie integreer die vorige een in homself. Alhoewel die proses kontinu is, is die resultate diskontinu. Dit is kwalitatief verskillend van tyd tot tyd. As gevolg hiervan het Piaget die denkontwikkeling in verskillende stadiums en substadiums verdeel (Phillips, 1969, p. 19).

Stadiums word presies gekenmerk deur hul vaste orde van opeenvolging. Presiese ouderdomme waarop die kind die stadiums bereik, kan nie gegee word nie. Dié ouderdomme verskil van kind tot kind en gemeenskap tot gemeenskap (Piaget, 1973, p. 10). So bv. is gevind dat die verskillende ontwikkelingsstadiums oor die algemeen op 'n later ouderdom bereik word deur Frans-Kanadese kinders as by die kinders van Genève (Pinard en Laurendeau, 1964, p. 258).

Die ouderdomme wat Piaget gee vir elke stadium, is gemiddelde ouderdomme. Nie alle volwassenes bereik die finale stadium nie en verder is 'n gegewe individu nie altyd in staat om by 'n gegewe strukturele vlak te funksioneer te alle tye nie.

Strukture wat vroeëre stadiums definieer word geïntegreer in daaropvolgende stadiums. So bv. sluit formele denkhandelinge kognitiewe aktiwiteite in wat uitgevoer word op konkrete denkhandelinge wat ontwikkel het in die voorafgaande stadium.

As die strukturele eienskappe eers ewewig bereik het, toon dit 'n hoë mate van interafhanklikheid. Hierdie georganiseerde karakter van strukture maak dit moontlik om die totaliteit wat hulle vorm, te definieer en om dan 'n breë en diverse gebied van oënskynlik onverwante gedrag te interpreteer in terme van hierdie onderliggende strukturele geheel (Flavell, 1963, p. 20).

Dit is net in die stadium van bereiking van stabiele ewewig dat die strukture wat die stadium beskryf, bestaan. Daar is eers 'n aanvanklike voorbereidingsperiode en die strukture is in die proses van vorming en organisasie. In die substadium kort die gedrag hegte organisasie en stabiliteit in soverre dit gerig is op



daardie kognitiewe probleme waarvan die oplossing daardie stadium se intellektuele strukture vereis. Later word die strukture saamgesnoer in 'n heg verbonde, stabiele eenheid.

#### 2.4.2 'n Nadere omskrywing van Piaget se 4 denkontwikkelingstadiums

##### 2.4.2.1 Inleiding

Piaget onderskei vier denkontwikkelingstadiums nl. die senso-motoriese stadium, die stadium van voor-operasionele denke, die konkreet-operasionele denkstadium en die formeel-operasionele denkstadium. Lg. twee stadiums word in die volgende hoofstuk breedvoerig bespreek.

##### 2.4.2.2 Senso-motoriese denkhandelingstadium

Die stadium word so genoem omdat die kind kennis verwerf deur sy sintuie en handelinge.

Met geboorte is die baba nie bewus van homself nie. Op daardie oomblik is die wêreld tydloos, ruimteloos en voorwerploos; 'n ongediferensieerde ondervinding in die hede. Die kind word gebore met 'n aantal reflekse en kan so bv. reageer op lig en klank. Dit is uit die interaksie van hierdie soort van reflekspatrone met die omgewing dat modifikasie en ontwikkeling van gedrag voortkom.

##### 2.4.2.3 Stadium van voor-operasionele denke (2 - 7 jaar)

Teen die kind 2 jaar oud word, maak die simboliese funksie sy verskyning. Taal, simboliese spel en nabootsing word nou deel van die kind se denkaktiwiteite.

As 'n gevolg van die simboliese funksie word die verinnerliking van aksies in denke nou moontlik en die gebied waarin denke 'n rol speel, aansienlik vergroot. By aksies in die kind se onmiddellike ruimte-

like omgewing kom nou die verlede by (bv. stories) en 'n toekoms. Op hierdie stadium dink die kind ook transduktief en kan nie induktief of deduktief dink nie. Egosentrisme en sentrering rem ook aan sy denkontwikkeling.

#### 2.4.2.4 Stadium van konkrete denkhanelinge (7 - 11 jaar)

Aangesien in die volgende hoofstuk volledig op bg. stadium sowel as formele denkhanelingstadium ingegaan sal word, word hier baie kortliks daarvoor gehandel.

Die stadium word aangedui as konkreet omdat die kind nou wel denkhanelinge kan uitvoer, maar net op konkrete voorwerpe. Behoud van volume, hoeveelheid en gewig is nou moontlik. Die denke is nou meer objektief en egosentrisme het grootliks afgeneem.

#### 2.4.2.5 Die formele denkhanelingstadium (11 - 15 jaar)

Gedurende die stadium ontwikkel die tiener die vermoë om hipoteties-deduktief te dink en besit 'n kombineringsstelsel waarvolgens verskeie moontlike oplossings van 'n probleem oorweeg kan word.

### 2.5 Samevatting

In hierdie hoofstuk is denkontwikkeling en in besonder Jean Piaget se siening daarvan, behandel. Piaget het d.m.v. onortodokse ondersoekmetodes die bestaan van denkstadiums in die lewe van kinders aangetoon. Alhoewel alle kinders die stadiums in invariante opvolging ondervind, bereik nie almal 'n bepaalde stadium op dieselfde ouderdom nie.

In hoofstuk 3 word die laaste twee van die denkstadiums, nl. die formeel-operasionele en konkreet-operasionele denkstadiums in besonderhede behandel.

## HOOFSTUK 3

### DIE DENKE VAN DIE LEERLING IN DIE JUNIOR-SEKONDÊRE SKOOLFASE

#### 3.1 Inleiding

Volgens Piaget begin die oorgang van konkreet-operasionele na formeel-operasionele denke op 11- tot 12-jarige ouderdom. Dit is op hierdie stadium dat die leerling in die junior-sekondêre skoolfase is. In hierdie hoofstuk sal die denke van die kind in bogenoemde stadiums ontleed word aangesien in die volgende hoofstuk 'n analise sal volg van eise gestel aan formeel-operasionele denke in die junior-sekondêre skoolfase deur die Natuur- en Skeikunde-sillabus. In hierdie hoofstuk sal ook vier eksperimente bespreek word aan die hand waarvan denke ontleed sal word van die kind in bg. skoolfase. Basies is hierdie vier eksperimente in die ondersoek gebruik om vas te stel in watter mate die kind formeel-operasioneel kan dink. Die bespreking van die vier eksperimente en die eise deur hulle gestel aan formeel-operasionele denke dien ook as hulp later vir beredenering van die geldigheid van die meetinstrumente in die eksperimentele ondersoek (vgl. par. 5.5 vir die volledige bespreking van die geldigheid van die meetinstrumente). Die meetinstrumente sal geldig wees as dit die mate van bereiking van formeel-operasionele denke toets.

#### 3.2 Die konkreet-operasionele denkvlak

##### 3.2.1 Kenmerke van die denke in die konkreet-operasionele denkvlak

Die wese van 'n denkhandeling in hierdie stadium is die verinnerliking van handeling en omdat dit verinnerlik is, is daar die moontlikheid van omkeerbaarheid (Evans, 1973, p. 25). Piaget het sy siening van omkeerbaarheid ontleen aan die kinetiese molekulêre model van gasse. Termodinamiese ewewig van 'n gasmassa word daardeur gekenmerk dat daar vir elke molekule in beweging, wat met 'n sekere energie in 'n

bepaalde rigting beweeg, 'n ander molekule gevind kan word met dieselfde energie wat in presies die teenoorgestelde rigting beweeg. So word die uitwerking van die eerste molekule opgehef (Montada, 1970, p. 132). Op 'n vergelykbare wyse verkry die tipes denkwatere wat gedurende voorafgaande stadiums ontstaan, in die konkrete denkwatere stadium dinamiese ewewig, d.w.s. dit is nou omkeerbaar (kan terugkeer na die oorspronklike toestand of beginpunt) (Piaget, 1956, p. 13). Die omkeerbaarheid van denkwatere bestaan basies uit ontkenning of inversie en wederkerigheid. Die denkwatere van die konkrete denkwatere stadium sluit klassifikasie in omdat voorwerpe geklassifiseer kan word, dit sluit verhoudingsdenkwatere in omdat voorwerpe gekombineer kan word volgens hul verskillende verhoudings, dit sluit ook bewerkings met getalle in omdat voorwerpe materieel getel kan word (Piaget, 1973, p. 21).

Die konkrete denkwatere het dus die beperking dat dit nog nie op hipoteses betrekking het nie, maar op die voorwerpe self. Die totale denkwatere gaan gebuk onder beperkings gestel deur wetmatighede soos dié van groeperings (Evans, 1973, p. 26). Groeperings is volgens Piaget die belangrikste logies-matematiese struktuur in die konkreet-operasionele denkwatere fase. Daar is nege groeperings te onderskei wat modelle is van denkwatere op verskillende gebiede - agt hoofgrouperings en een groupering wat die ander voorafgaan. Vier van die hoofgrouperings het betrekking op klasdenkwatere en die ander vier het betrekking op verhoudings. Piaget gebruik klasse in dieselfde sin as die wiskundiges versamelings gebruik (Murray, 1974, p. 75). (Vir meer inligting omtrent groeperings sien Flavell, 1963, pp. 173-198 en Boyle, 1966, pp. 59-67). Die groupering is nie almal afgelei uit kinders se gedrag nie en daar is groeperings waarvoor daar nie empiriese getuienis bestaan dat kinders daarvolgens dink nie. 'n Mens sou graag wou sien dat Piaget presies aandui hoe en waar kinders volgens die groupering optree (Flavell, 1963, p. 188).

Verdere kenmerke van die konkreet-operasionele denkwatere stadium is dat die kind nou in staat is tot omkeerbaarheid en gevolglik kom hy

tot behoud van hoeveelheid, gewig en volume. Evaluering, oordeel en waarneming is nou minder egosentries. Die kind sentreer nou nie net op een voorwerp alleen nie, maar kan nou op twee aspekte van 'n saak gelyk konsentreer. So kan hy insien dat volume behoue bly wanneer vloeistof van 'n breë glas na 'n smal glas oorgegooi word. Breedte en hoogte word dus gelyktydig in gedagte gehou.

### 3.2.2 Tekorte van denke in die konkreet-operasionele denke.

Konkrete denkhandelinge is relatief gesproke konkreet. Hulle organiserings- en struktureringsaktiwiteit is georiënteer tot konkrete dinge en gebeure in die teenswoordige tyd. Daar bestaan wel 'n tendens tot die afwesige of potensiële, maar dit het beperkte trefkrag (Flavell, 1963, p. 203). Die konkrete denke is dus essensieel verbonde aan die empiriese werklikheid en kan slegs 'n beperkte versameling transformasies behartig (Inhelder en Piaget, 1958, p. 250).

Omdat die kind relatief gebonde is aan die verskynsels van hier en nou word elke nuwe struktuur in konkreet-operasionele denke geleidelik opgebou. So kan 'n kind voorwerpe op sewe- tot agtjarige ouderdom volgens lengte rangskik, op nege- tot tienjarige ouderdom volgens gewig en 'n jaar of wat later volgens volume. As gevolg van die tydsverloop tussen die progressiewe strukturering van die verskillende gebiede faal die kind om 'n formele logika daar te stel - die vorm is nog nie geskei van die konkrete materie nie (Inhelder en Piaget, 1958, p. 249).

Die verskillende strukture bestaan gedurende die konkreet-operasionele fase min of meer apart. 'n Mens kan m.b.v. konkrete denkhandelinge klassifiseer, in reekse orden en ooreenkomste tussen voorwerpe daarstel sonder dat die denkhandelinge gekombineer word in 'n enkele gestruktureerde geheel. Dit verhinder die konkrete denkhandelinge ook om 'n suiwer formele logika daar

te stel. Dit beteken dat die denkhanelinge nog nie werklik ewewig bereik het nie (Piaget, 1956, p. 17). Die kind besit nie 'n stelsel waarvolgens hy van een denkstruktuur na 'n ander kan oorgaan in die loop van 'n enkele probleem nie. Die kind besit ontkenning of inversie (aangetref by klasse) en wederkerigheid (aangetref by verhoudings) maar kan die twee nie koördineer om so multiveranderlike probleme op te los nie. Die ewewig is stabiel in een betrokke gebied, maar onstabiel wanneer die gebiede gekoördineer moet word (Inhelder en Piaget, 1958, p. 250).

### 3.3 Die oorgang van die konkreet-operasionele denkvlak na die formeel-operasionele denkvlak

#### 3.3.1 Inleiding

Baie van die kritiek teen Piaget is gerig teen sy indeling van denkontwikkeling in fases. Kritici argumenteer dat die oorgang tussen die stadiums geleidelik plaasvind en kontinu is. Piaget ontken egter nie dat kultuurverskille en omgewingsfaktore 'n invloed het op die oorgang nie; dat die kind die oorgang nie gelyktydig vir die verskillende leerstofinhoud bereik nie en dat 'n bepaalde kind mag wissel wat betref sy gebruik van strukture eie aan 'n bepaalde denkvlak nie.

Bart en Airasian (1974, p. 277) het bevestig dat sukses in konkreet-operasionele take 'n noodsaaklike voorvereiste is vir sukses in formeel-operasionele take.

Dit is moontlik om die individu se totale ontwikkelingstatus te beskryf as „konkreet” of „formeel” op die basis van 'n skatting van sy kenmerkende wyse van kognitiewe funksionering. Die onderskeiding op die grondslag is nodig om twee redes: Eerstens ondergaan die individu die oorgang van konkrete na abstrakte denke op elke nuwe kennisgebied wat hy teëkom - selfs nadat hy die formele stadium oor die algemeen bereik het. In die tweede

plek vind die oorgang baie makliker plaas by nuwe kennisgebiede as die formele fase eers bereik is in ander kennisgebiede (Ausubel, 1964, p. 264).

Die kind is ook nie volkome bestendig van week tot week in sy kognitiewe gedrag nie. So kan 'n sekere 12-jarige abstrak-logies dink in Natuur- en Skeikunde in Oktobermaand maar in November weer terugkeer na die konkrete denkstadium as hy 'n moeilike probleem raakloop. In ander vakgebiede kan hy nog vir 'n jaar verder konkreet dink. Die ontwikkelingstadium hou ook verband met die ingewikkeldheid van en bekendheid met die probleemgebied (Ausubel, 1964, p. 263).

### 3.3.2 Faktore wat die oorgang van konkreet-operasionele na formeel-operasionele denke bepaal

Ausubel (1964, p. 263) hipotetiseer dat drie begeleidende en onderling ondersteunende ontwikkelingstendense vir die oorgang verantwoordelik is. Eerstens ontwikkel die kind geleidelik 'n woordekat wat dit moontlik maak om die verskillende verwante abstraksies in sinvolle stellings te kombineer en te vergelyk. In die tweede plek verkry die kind 'n groeiende skat van stabiele hoër ordebegrippe en beginsels binne die bepaalde struktuur. Dit maak die formulering moontlik van stellings wat minder gebonde is aan die konkrete en die groter integrasie van verwante idees en aspekte van 'n probleem. Laastens verkry die kind die vermoë deur baie oefening in hantering van verhoudings met behulp van die empiries-konkrete om sonder die empiries-konkrete klaar te kom (nadat hoër-ordebegrippe verkry is).

## 3.4 Die formeel-operasionele denkvlak

### 3.4.1 Algemene kenmerke

Met die aanbreek van adolessensie op 11-, 12-jarige leeftyd begin die finale stadium in die denkontwikkeling nl. die formeel opera-



sionele stadium.

Die formeel-operasionele denkstadium verskil van die konkreet-operasionele stadium in hoofsaak daarin dat 'n nuwe denkwyse verkry word wat nie langer beperk is tot voorwerpe of direk voorstelbare werklikhede nie, maar wat nou hipoteses insluit - denkhandelinge moet dus op denkhandelinge uitgevoer kan word. Die kind verkry gedurende hierdie stadium die vermoë om logiese gevolgtrekkings uit stellings te maak sonder dat dit nodig is om beslissings te maak aangaande die waarheid van die stelling. Verskeie moontlike oplossings van 'n probleem kan oorweeg en teen mekaar opgeweeg word. Die adolessent in die formeel-operasionele denkstadium kan dus hipoteties-deduktief dink.

Die denke gaan in hierdie stadium uit van 'n kombinerings van moontlikheid, hipotese en deduktiewe redenasie. Alhoewel die kind in die konkrete denkstadium ook die vermoë besit tot klassifikasie, bereeksing en soek van ooreenkomste gaan dié denkhandelinge tog stap vir stap voort sonder om die een skakel met die volgende in verband te bring (Inhelder en Piaget, 1958, p. 16).

Naas die vermoë tot hipoteties-deduktiewe denke vorm die kombinerings-eienskap 'n belangrike eienskap van formeel-operasionele denke. Al die moontlike kombinasies kan in elke geval oorweeg word en elke gedeeltelike skakel kan gegroepeer word in verhouding tot die geheel. Een denkhandeling kan in verband met 'n ander gebring word.

By formele denke kan 'n omvattende versameling van alle deelversamelings gevorm word terwyl op konkrete vlak die konstruksie van die omvattende versameling nie kan plaasvind nie (Piaget, 1956, p. 31). Formeel-operasionele denke is dus meer koherent as konkreet-operasionele denke. Die twee tipes omkeerbaarheid nl. inversie en wederkerigheid word geïntegreer in 'n enkele sisteem, sodat dit nie meer aparte logika van klasse en verhoudings is nie, maar een logika wat beide tralie- en groepeienskappe het (Flavell,

1963, p. 212). \*

Die kombineringseienskap wat in hierdie stadium ontwikkel, gee die kind die vermoë om in 'n eksperimentele situasie 'n klomp veranderlikes konstant te hou en een faktor alleen te wissel. Inhelder (Piaget, 1956, p. 20) het dan ook aangetoon dat hierdie vermoë eers tussen die ouderdomme elf tot veertien jaar ontwikkel.

'n Ander operasionele skema wat in hierdie stadium na vore kom, is dié van verhoudings. By 'n eenvoudige balans bv. kan agt- tot tienjariges die verband tussen afstand vanaf die steunpunt en gewig nie ontdek nie. Op 11- tot 12-jarige ouderdom verkry die kind wel daardie vermoë (Piaget, 1956, p. 21).

Verdere algemene kenmerke van denke in die stadium is dat dit stimulusvry is en dat teorieë omtrent die toekoms afgelei kan word van ervarings in die verlede (McCormack en Bybee, 1971, p. 236). Die denke is nou veelsydiger want 'n probleem kan op baie maniere aangepak word en die kind word dan ook selde verwar deur ongewone resultate omdat vooraf aan alle moontlikhede gedink is. Die adolessent se denke het 'n gevorderde staat van ewewig bereik en sy kognitiewe strukture is nou sodanig dat assimilasië en akkommodasië maklik plaasvind by 'n groot hoeveelheid nuwe situasies (Ginsburg en Opper, 1969, p. 204).

### 3.4.2 Groepe

Die groepsbegrip is beslissend in Piaget se weergawe van formeel-operasionele denke. Dit beteken nie dat die volwassene die algebra van groepe moet verstaan voordat hy 'n probleem kan oplos nie. Dit beteken dat 'n volwassene wat reeds die formele denkstadium bereik het, se denke beskryf kan word in terme van algebraïese groepe terwyl dit vroeër nie kon geskied nie (Boyle, 1966, p. 50).

\* Vir meer inligting omtrent groepe en tralies sien paragrawe 3.4.2 en 3.4.3.

'n Groep is 'n versameling elemente wat die volgende matematiese eienskappe vertoon (Flavell, 1963, p. 135).

(i) Geslotenheid

Die kombinerings van enige twee elemente van die versameling gee 'n ander element van die versameling.

(ii) Assosiatiwiteit

Die volgorde waarin groepelemente gekombineer word, affekteer nie die uiteindelijke resultaat nie.

(iii) Algemene identiteit

Een en slegs een groepelement van die versameling moet van so 'n aard wees dat wanneer dit gekombineer word met die ander die resultaat onveranderd bly. Hierdie element word die identiteitselement genoem.

(iv) Omkeerbaarheid

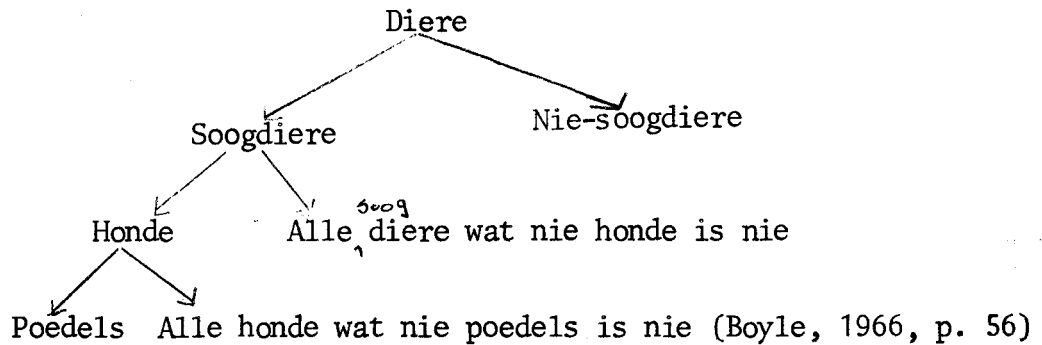
Vir elke groepelement is daar 'n ander element, die inverse genoem. As dit gekombineer word met 'n betrokke groepelement, is die resultaat die identiteitselement.

### 3.4.3 Die traliestruktuur van formeel-operasionele denke

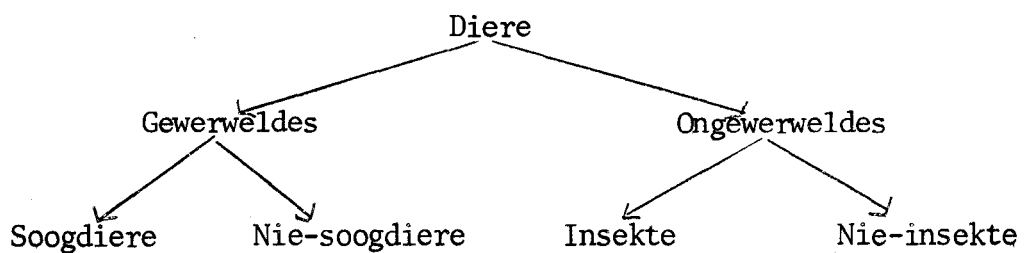
Tralies as sodanig bestaan slegs in die gebied van die abstrakte simbolisme en is daarom kenmerkend van die stadium van formele denkhandelinge. 'n Tralie\* is 'n struktuur waarvan die elemente so verwant is dat enige aantal daarvan 'n kleinste boonste grens en 'n grootste onderste grens het. By konkreet-operasio-

\* Die volgende is 'n meer formele definisie van 'n tralie: 'n Tralie is 'n stelsel bestaande uit 'n nie-leë versameling  $x$  tesame met 'n ordening ( $\leq$ ) wat aan die volgende voorwaardes voldoen:- Vir elke paar elemente  $a$  en  $b$  uit  $x$  bestaan daar (i) 'n element  $c$  uit  $x$  sodanig dat  $c \geq a$  en  $c \geq b$  en (ii) 'n element  $d$  uit  $x$  sodanig dat  $d \leq a$  en  $d \leq b$  (Van Zyl, 1974, p. 33).

nele denke word semitralies aangetref. By 'n semi-tralie het enige twee elemente 'n kleinste boonste grens en 'n grootste onderste grens. 'n Voorbeeld van 'n klassifikasie wat 'n semi-tralie is, is die volgende:



'n Voorbeeld van 'n klassifikasie wat 'n tralie is, is



(Boyle, 1966, p. 57)

(Vir 'n volledige beskrywing van die verband tussen groepe en tralies en die denke in die formeel-operasionele denkstadium, sien paragraaf 3.5).

Die kleinste boonste grens se parallel in die wiskunde is die omvattende versameling wat verkry word deur die vereniging (.) van deelversamelings terwyl die grootste onderste grens vergelyk kan word met die versameling wat verkry word uit die snyding van versamelings.

#### 3.4.4 Die logies-matematiese modelle vir formeel-operasionele denke

Piaget beskryf formeel-operasionele denke in terme van twee logiese modelle nl. die 16 binêre denkhandelinge wat eintlik 'n spesiale geval van die kombineringsstelsel (sien 3.4.1) is, en die IRNC-stelsel wat weer die groepeienskappe (sien 3.4.2) van formeel-operasionele denke illustreer.

#### 3.4.4.1 Die 16 binêre denkhandelinge.

Piaget maak graag gebruik van twee-stellings (binêre) logika om sy teorieë waarvolgens hy die kind se denke verklaar, uiteen te sit.

As  $p$  en  $q$  respektiewelik twee stellings is, stel  $\bar{p}$  en  $\bar{q}$  die inverse of ontkenning (negation) daarvan voor.  $p$  kan dus óf waar óf vals wees.  $p > q$  beteken „ $p$  impliseer  $q$ ” of „indien  $p$  waar is, is  $q$  waar”. Die teken vir disjunksie is  $\vee$ ;  $p \vee q$  beteken „of  $p$  of  $q$  of beide”. As  $p$  en  $q$  konjunk is  $(p \cdot q)$  beteken dit „beide  $p$  en  $q$ ”. Onversoenbaarheid word geskryf as  $\perp$ ;  $p/q$  beteken dan „die waarheid van die stelling  $p$  is onversoenbaar met die waarheid van  $q$ ” (Boyle, 1966, p. 69).

Die kind in die konkreet-operasionele denkstadium is net in staat tot vier elementêre produkte van twee klasse (sê  $A$  en  $B$ ) met hul komplementêre klasse nl.  $A_1 A_2, A_1^1 A_2, A_1 A_2^1, A_1^1 A_2^1$ . Formele logika darenteen stel die kind in staat om tot sestien moontlike kombinasies van die stellings  $p, \bar{p}, q$  en  $\bar{q}$  te kom (Inhelder en Piaget, 1958, p. 16). Wiskundig kan dit gestel word dat uit 'n omvattende versameling met 4 elemente daar 16 deelversamelings gevorm kan word. Gestel die omvattende versameling is  $\{a,b,c,d\}$ , dan is die deelversamelings die volgende:

$\phi$  - die leë versameling of  $\{ \}, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a,b\}, \{a,c\}, \{a,d\}, \{b,c\}, \{b,d\}, \{c,d\}, \{a,b,c\}, \{a,b,d\}, \{b,c,d\}, \{a,c,d\}, \{a,b,c,d\}$ , d.w.s.  $2^n$ , waar  $n$  die aantal elemente van die omvattende versameling is.

Beskou nou die vier basiese kombinasies  $p \cdot q$ ,  $p \cdot \bar{q}$ ,  $\bar{p} \cdot q$  en  $\bar{p} \cdot \bar{q}$  van die vier basiese stellings  $p$ ,  $\bar{p}$ ,  $q$  en  $\bar{q}$ . Op dieselfde wyse as hierbo kan die kind op die formele denkstadium sestien kombinasies hieruit vorm nl.

1.  $p \cdot q$  - Konjunksie
2.  $p \cdot \bar{q}$  - Inverse van implikasie
3.  $\bar{p} \cdot q$  - Inverse van omgekeerde implikasie
4.  $\bar{p} \cdot \bar{q}$  - Konjunktiewe inversie
5.  $p \cdot q \vee p \cdot \bar{q}$  - Onafhanklikheid van  $p$  van  $q$
6.  $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot q$  - Onafhanklikheid van  $q$  van  $p$
7.  $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Wederkerige implikasie
8.  $p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q$  - Wederkerige uitsluiting
9.  $p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Inverse van onafhanklikheid van  $q$  van  $p$
10.  $\bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Inverse van onafhanklikheid van  $p$  van  $q$
11.  $p \cdot q \vee p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q$  - disjunksie ( $p \vee q$ )
12.  $p \cdot q \vee p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Omgekeerde implikasie ( $q < p$ )
13.  $p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Onversoenbaarheid
14.  $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Implikasie ( $p > q$ )
15.  $p \cdot q \vee p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  - Toutologie
16.  $\overline{p \cdot q \vee p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}} =$  Ontkenning of inversie

(Ginsburg en Opper, 1969, p. 195)

Dit moet weereens duidelik gestel word dat alhoewel die stelsel van sestien kombinasies van die 4 binêre stellings heelwat aandag ge= niet in die literatuur oor formeel-operasionele denke, dit tog net een spesiale geval tussen baie is waar die kombineringsstelsel na vore kom. So sal daar bv. in die geval van drie stellings met hul ont= kennings, sê  $p$  en  $\bar{p}$ ,  $q$  en  $\bar{q}$  en  $r$  en  $\bar{r}$ , 256 ( $2^8$ ) moontlike kombina= sies van die basiese konjunksies  $p \cdot q \cdot r$ ,  $p \cdot q \cdot \bar{r}$ ,  $p \cdot \bar{q} \cdot r$ ,  $p \cdot \bar{q} \cdot \bar{r}$ ,  $\bar{p} \cdot q \cdot r$ ,

$\bar{p}.q.\bar{r}$ ,  $\bar{p}.\bar{q}.r$ ,  $\bar{p}.\bar{q}.\bar{r}$  wees. Ook sal 256 kombinasies (16 x 16) verkry word wanneer die 16 binêre denkhandelinge gekombineer word.

Die sisteem van 16 binêre denkhandelinge voldoen verder aan die eis van formeel-operasionele denke deurdat dit 'n tralie vorm. Konjunksie van elemente gee die grootste onderste grens vir enige hoeveelheid elemente en disjunksie die kleinste boonste grens (Flavell, 1963, p. 214). As bv. nommers 5 en 12 van die sestien denkhandelinge geneem word, nl.  $p.q \vee p.\bar{q}$  en  $p.q \vee p.\bar{q} \vee \bar{p}.\bar{q}$ , is die kleinste boonste grens  $p.q \vee p.\bar{q} \vee \bar{p}.\bar{q}$  terwyl die grootste onderste grens  $p.q \vee p.\bar{q}$  is.

'n Empiriese ondersoek (Lawrence, Bynum, Thomas en Steger, 1973, p. 279) het aangetoon dat nie al sestien binêre denkhandelinge deur die ontwikkelde formeel-operasionele denker gebruik word nie en dat daar ook nie verband is tussen die aantal denkhandelinge in gebruik en sukses in die besondere taak nie. Die meer ontwikkelde denker het egter dieselfde denkhandelinge in 'n meer gesofistikeerde en komplekse wyse gebruik as die persoon wat nie so ver gevorder was op die pad van formeel-operasionele denke nie.

#### 3.4.4.2 Die INRC-sisteem

Die daarstelling van die INRC-sisteem is 'n poging om reëls neer te lê wat die adolessent gebruik om verhoudings - ook genoem funksies - te manipuleer en te transformeer (Ginsburg en Opper, 1969, p. 196).

Die sestien binêre denkhandelinge beklemtoon die tralie-eienskap van formele denkhandelinge. Die groepaspek word beklemtoon deur die viergroep of INRC-sisteem (Piaget, 1956, p. 32).

Soos in die geval van enige abstrakte struktuur, realiseer die viergroep in 'n aantal konkrete voorbeelde of soorte stelsels wat die eienskappe daarvan illustreer. Daar is twee sodanige realiseringe wat Piaget graag as voorbeelde in die verband gebruik nl.

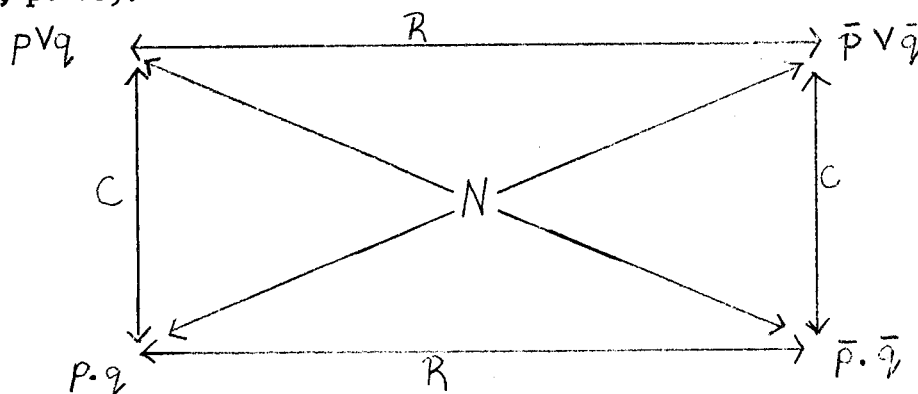
(i) Stellingsdenkhandelinge en (ii) denkhandelinge uitgevoer op fisiese stelsels self (Flavell, 1963, p. 215, 216).

#### 3.4.4.2.1 Die INRC-sisteem in stellings-logika

Die vier transformasies word soos volg gedefinieer (Flavell, 1963, p. 216):

1. Identiteit (I): Hierdie nul transformasie verander niks aan die stelling waarop dit uitgevoer word nie.
2. Inversie (N): Hierdie transformasie verander alles in die stelling waarop dit betrekking het. Elke bewering word 'n ontkenning en omgekeer, elke konjunksie 'n disjunksie en omgekeer.
3. Wederkerigheid (R) : Hierdie transformasie wissel bewering en inversie om, maar laat konjunksie en disjunksie onveranderd.
4. Korrelaat (C): Hierdie transformasie wissel konjunksie met disjunksie om en omgekeer maar laat bewering en inversie onveranderd.

Die verband tussen I, N, R en C kan soos volg voorgestel word (Boyle, 1966, p. 75):



Hieruit blyk dat as die inverse (N) van 'n stelling (sê  $p \vee q$ ) geneem word, word  $\bar{p} \cdot \bar{q}$  verkry, volgens die definisie van N hierbo. Die korrelaat C van  $\bar{p} \cdot \bar{q}$  is  $\bar{p} \vee \bar{q}$  wat die wederkerige R van  $p \vee q$  is.  $\therefore NC = R$ . Op soortgelyke wyse vind ons dan  $RC = N$ ,  $NR = C$ ,  $NCR = I = RNC = CRN = CNR$ . Daar kan natuurlik ook van ander ver-



houdings of stellings bv.  $p > q$  uitgegaan word i.p.v.  $p \vee q$  soos die voorbeeld hierbo. Die INRC-sisteem voldoen ook aan vereistes gestel aan 'n groep.  $NR = C$ ,  $NC = R$ ,  $IN = N$  (geslotenheid),  $N(RC) = (NR)C$  ens. (assosiatiwiteit),  $IN = N$ ,  $IR = R$  ens. (identiteitselement). Laastens bestaan daar vir elke element ook 'n inverse bv.  $NN = I$ ,  $CC = I$  ens..

#### 3.4.4.2.2 Die INRC-sisteem en denkhandelinge uitgevoer op fisiese stelsels

Hier word uitgegaan van twee handelinge  $p$  en  $q$  wat presies dieselfde resultaat gee. Dan bestaan daar ook twee handelinge  $p'$  en  $q'$  wat  $p$  en  $q$  kanselleer. Die vier transformasies word hier nou soos volg gedefinieer:

$$I(p) = p, \quad I(q') = q' \quad \text{ens.}$$

$$N(p) = p', \quad N(q) = q' \quad \text{ens.}$$

$$R(p) = q', \quad R(q) = p' \quad \text{ens.}$$

$$C = NR \quad (\text{Flavell, 1963, p. 217}).$$

Ook hier vind ons dat  $RC = N$ ,  $NR = C$ ,  $I = NRC$  ens. soos in die geval van die stellingslogika, bv.  $NRC(p) = NRNR(p) = NRN(q')$

$$= NR(q)$$

$$= N(p')$$

$$= p$$

$$= I(p).$$

Die onderlinge verbande tussen die transformasies kan soos volg saamgevat word:

	I	N	R	C
I	I	N	R	C
N	N	I	C	R
R	R	C	I	N
C	C	R	N	I

(Easley, 1964, p. 234).

So bv. sal R(3e ry) gekombineer met N (2e kolom) C as produk hê; N (2e ry) gekombineer met C (4e kolom) gee R as produk, ens..

Die vraag wat nou ontstaan, is of die onderskeiding tussen die fisiese en logiese INRC-groep nodig is aangesien Piaget dit as sinoniem behandel. Daar is egter rede hiervoor: in fisiese sin beteken  $N(p)$  die totale wegdoen van  $p$ . In die stellingslogika is die inverse van 'n binêre denkhandeling soos  $p \cdot q$ ,  $\bar{p} \vee \bar{q}$  wat die moontlikheid laat van die inversie van net een van  $p$  of  $q$  en nie die totale wegdoen van beide nie (Flavell, 1963, p. 221).

### 3.5 Vier eksperimente en vereistes daarin gestel aan formeel-operasionele denke

#### 3.5.1 Inleiding

In afdeling 3.4 is die eienskappe van formeel-operasionele denke kernagtig bespreek. Onder afdeling 3.5 volg nou 'n bespreking van vier eksperimente wat elkeen aspekte van formeel-operasionele denke vereis vir die suksesvolle uitvoering daarvan. In hoofstuk 5 word beskryf hoe die eksperimente gebruik word om die mate van bereiking van formeel-operasionele denke te toets.

Die bespreking van die eksperimente hier het in die eerste plek ten doel om formeel-operasionele denke meer toe te lig en in die tweede plek dien dit as hulp vir die latere bespreking van die geldigheid van die meetinstrumente van formeel-operasionele denke (vgl. par. 5.5).

#### 3.5.2 Die kleurlose vloeistowwe-eksperiment

Piaget en Inhelder se kleurlose vloeistowwe-eksperiment is bedoel om proefpersone in 'n eksperiment direk met kombinasievorming te konfronteer om so sy vermoë daartoe te toets (Inhelder en Piaget,

1958, p. 107).

Aan die proefpersoon is 4 identiese houers genummer 1 tot 4 met kleurlose, reuklose vloeistowwe verskaf tesame met 'n vyfde houer bevattende 'n indikator. 'n Mengsel van vloeistowwe 1,3 en 5 het 'n geel kleur tot gevolg. Aan die proefpersoon word getoon dat 'n geel kleur verkry word deur vloeistof nommer 5 by 'n kleurlose vloeistof wat een van die orige vier of 'n mengsel daarvan kan wees te gooi. Die byvoeging van 'n verdere (vir die proefpersoon ongeïdentifiseerde) vloeistof laat die kleur verdwyn. Aan die proefpersoon word nou opgedra om self die geel kleur te verkry. Die resultaat van die eksperiment het bevestig dat die sistematiese kombineringsstelsel eers sy verskyning maak met die aanbreek van formeel-operasionele denke. Gedurende die eerste halfte van konkreet-operasionele denke kombineer kinders vloeistof 5 slegs met een van die vloeistowwe op 'n keer. Gedurende die tweede halfte van die konkreet-operasionele denkstadium begin die kind ook vloeistof 5 met die orige vier vloeistowwe, een vir een te meng. Later meng hy 2 vloeistowwe met 5, nog later 3 maar op 'n probeer-fouteer-metode en is hy heeltemal onsistematies. Gedurende die eerste jaar of twee van die aanbreek van formeel-operasionele denke word 'n paar vloeistowwe op 'n keer onsistematies gemeng, later sien hy in dat hy sistematies te werk moet gaan. As formeel-operasionele denke ewewig bereik het, werk die kind van die begin af sistematies en probeer alle moontlike kombinasies. Daar word op dieselfde wyse te werk gegaan volgens 'n kombineringsstelsel soortgelyk aan dié een wat benodig word om die sestien binêre denkhandelinge teweeg te bring (Inhelder en Piaget, 1958, pp. 111-118).

Daar is sestien versamelings van moontlike kombinasies van vloeistowwe 1 tot 4 met 5 nl.

1. 1
2. 2
3. 3
4. 4
5. 1,2
6. 1,3
7. 1,4
8. 2,3
9. 2,4
10. 3,4
11. 1,2,3
12. 1,2,4
13. 2,3,4
14. 1,3,4
15. 1,2,3,4
16. { } of  $\phi$

Die vermoë om hierdie 16 kombinasies te vorm, is 'n kenmerk van formeel-operasionele denke aangesien dit groep- en tralie-eienskappe het.

Geslotenheid, 'n eienskap van groepe (vgl. par. 3.4.2), is in hierdie geval teenwoordig. Kombinerings van enige 2 van die sestien kombinasies gee altyd een van die sestien kombinasies bv. 5 en 6 gekombineer gee nr. 11. Fisies beteken dit dat as 'n mengsel van vloeistowwe 1 en 2 en 'n mengsel van 1 en 3 bymekaar gevoeg word daar 'n mengsel van vloeistowwe 1,2 en 3 ontstaan.

Die assosiatiewe eienskap van groepe is ook hier geldig aangesien dit nie saak maak in watter volgorde die vloeistowwe bymekaar gevoeg word nie.

Die algemene identiteitseienskap van groepe is ook hier van toepassing aangesien nommer 16 die identiteitselement is. As geen vloeistof of mengsel van vloeistowwe bygevoeg word nie tree daar geen verandering in nie.

Fisies hou die omkeerbaarheidseienskap hier in dat die vloeistof of mengsel van vloeistowwe uitgegooi of teruggegooi word om nommer 16, die identiteitselement te gee.

Ook aan die tralie-eienskap van formeel-operasionele denke word hier voldoen, aangesien daar 'n kleinste boonste grens bestaan vir enige hoeveelheid elemente (vereniging van die versamelings) asook 'n grootste onderste grens bv. die kleinste grens van die kombinerings van kombinasies 4 en 12 gee steeds kombinasie 12 want 'n mengsel van vloeistowwe 4, 1, 2 en 4 is 'n mengsel van 1, 2 en 4. Die grootste onderste grens is vloeistof 4 aangesien vloeistof vier gemeenskaplik aan albei kombinasies is.

In die geval van Piaget se eksperiment sou kombinasies 6 en 11 die geel kleur tot gevolg gehad het, aangesien vloeistowwe 1 en 3 daar gemeng is met vloeistof 5 sonder die teenwoordigheid van vloeistof 4. Daar was dus 'n kans van 2 uit 16 ( $\frac{1}{8}$ ) om deur die probeer-fouteer-metode te slaag.

Skrywer hiervan het na aanleiding van die kleurlose vloeistowwe-eksperiment 'n eksperiment beplan wat dieselfde aspekte van formeel-operasionele denke moes toets maar wat in die eerste plek meer ekonomies is aangesien die eksperiment minder tyd in beslag neem en die apparaat herhaaldelik gebruik kan word. Die apparaat bestaan uit 'n kassie met 5 skakelaars wat nie „aan” of „af” gemerk was nie. Een kombinasie van vyf skakelaars in boontoe of ondertoe-posisies het 'n liggie laat brand. Alle skakelaars was in die gloeilampstroombaan ingeskakel sodat daar net 1 uit die moontlike  $2^n = 2^5 = 32$  kombinasies was wat die liggie laat brand het. 'n Verdere voordeel hier was dus dat die moontlikheid vir

sukses deur 'n probeer-fouteer metode vier keer kleiner is as in die kleurlose vloeistowwe-eksperiment.

Net soos in die geval van die kleurlose vloeistowwe-eksperiment het die 32 moontlike skakelaarkombinasies groep- en tralie-eienskappe.

### 3.5.3 Die buigbaarheid-van-stafies-eksperiment

'n Kenmerk van denke in die formeel-operasionele denkstadium is dat die kind waar hy met 'n paar veranderlikes in 'n eksperiment te doen het, die veranderlikes van mekaar kan skei en almal behalwe een, konstant hou om so die werklike invloed van die een veranderlike vas te stel (vgl. par. 3.4.1).

Piaget en Inhelder (1958, pp. 46-66) het 'n eksperiment ontwerp waarmee bogenoemde vermoë getoets is.

Die proefleier gee aan die proefpersoon 'n groot bak met water en 'n versameling van verskillende soorte metaalstafies wat verder verskil in dwarsdeursnee, vorm, lengte en dikte. Verskillende gewigte kan op die punte van die stafies vasgeskroef word.

Die stafies word op so 'n wyse horisontaal aan die kant van die bak vasgeknypt dat die lengte van die stafies maklik verander kan word. Maksimum buiging word aangedui deur die aanraking van die stafie met die water (Inhelder en Piaget, 1958, pp. 46, 47).

Die proefpersoon moet nou vind watter faktore 'n invloed het op die buiging van die stafies. Inhelder en Piaget (1958, p. 51) het gevind dat die kind gedurende die eerste gedeelte van konkreet-operasionele denke kan orden en klassifiseer as hy net met een faktor werk, bv. lengte. Slegs een-tot-een kombinasies word gemaak.

Gedurende die konkreet-operasionele stadium weet die kind hoe om die eksperiment waar te neem in terme van ooreenkomste wat werklik voorkom. Dit beteken dat hy toenemend meer komplekse tabelle van

empiriese assosiasies kan opbou wat hy egter nie kan interpreteer nie. Vir sukses in skeiding van veranderlikes is dit nodig om nie net kombinasies in die geheel te beskou nie maar kombinasies een vir een te analiseer, situasie vir situasie, om te sien watter faktore het verband met mekaar. Om tot so 'n analise te kan kom, is 'n volledige kombineringsstelsel nodig (Inhelder en Piaget, 1958, p. 55).

Neem as voorbeeld die invloed van lengte op die buiging van die stafie. Sê  $p$  - stafie lank;  $\bar{p}$  - stafie kort;  $q$  - groot buiging van die stafie en  $\bar{q}$  stel voor min buiging van die stafie. Die lengte-faktor het nou vier moontlike kombinasies nl.  $p \cdot q$ ,  $\bar{p} \cdot q$ ,  $p \cdot \bar{q}$  en  $\bar{p} \cdot \bar{q}$ . Die volledige kombineringsstelsel wat met formeel-operasionele denke kom, maak 16 binêre kombinasies uit die 4 basiese kombinasies, moontlik (vgl. par. 3.4.4.1). Twee faktore met hul gevolge van groot buiging of min buiging het 256 ( $2^8$ ) kombinasies tot gevolg terwyl 3 faktore 65 536 ( $2^{16}$ ) kombinasies tot gevolg het. Die volledige kombineringsstelsel wat juis 'n kenmerk van formeel-operasionele denke is, is dus hier nodig om die probleem op te los.

As formeel-operasionele denke aanbreek, is die kind nie meer tevrede met die bloot empiriese nie, maar weet ook dat die empiriese 'n deeltjie is van 'n groter gebied, die gebied van die moontlike. Die werklikheid word nou gesien as die produk van verskeie faktore tussen baie moontlikhede. Dit gee aanleiding daartoe dat die kind begin hipoteses formuleer en pogings aanwend om dit te bewys om daaruit te bepaal watter moontlikhede werklik voorkom (Inhelder en Piaget, 1958, p. 58).

Die denkhandeling onder die 16 binêre denkhandelinge wat hier voorkom, is implikasie. As die voorbeeld beskou word omtrent die lengte van die stafie en sy buiging, is implikasie  $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  ( $p > q$ ). Slegs as formeel-operasionele denke bereik is sien die kind dat aangesien die stafie kan buig ( $q$ ) as die stafie kort is ( $\bar{p}$ ), maar ook nie buig ( $\bar{q}$ ) as die stafie kort is nie ( $\bar{p}$ ), die bui-

ging noodwendig veroorsaak word deur die lengte van die stafie aangesien die geval  $p.\bar{q}$  nie hier voorkom nie. Die kind in die laaste stadium van denkontwikkeling het 'n besef van die omvang van die kombinasies wat moontlik is as 2 of meer faktore ter sprake is en daarom wend hy die poging aan om veranderlikes uit te skakel.

Ook die INRC-sisteem (vgl. par. 3.4.4.2) kom hier na vore. As die simbool  $r$  dikte voorstel sien die kind dat 'n lang dun staaf wat buiging betref die teenoorgestelde uitwerking het as 'n kort dikke.  $\therefore p.\bar{r} = N(\bar{p}r)$ . Verder is  $\bar{p}.r = R(p.\bar{r})$  want 'n kort, dik staaf het die <sup>teenoorgestelde</sup> uitwerking as 'n lang, dun staaf. Die denkhandelinge van inversie en wederkerigheid beskryf dus hier hoe die kind in die formeel-operasionele denkstadium verhoudings insien. Die korrelaat-transformasie is hier ook moontlik, bv.  $C(p.\bar{r}) = NR(p.\bar{r}) = N(\bar{p}.r) = p\bar{r}$ . Die identiteitstransformasie doen natuurlik niks aan die stelling waarop dit uitgevoer word nie, bv.  $I(p,\bar{r}) = p.\bar{r}$ .

Die INRC-sisteem kom natuurlik op verskillende wyses na vore in die eksperiment. In bostaande voorbeelde is slegs na die verband tussen lengte en dikte van 'n staaf en sy buiging verwys. Dieselfde geskied met gewig en lengte, gewig en soort stof ens.. Net so is  $p.\bar{s} = R(\bar{p}.s)$  ( $s$  stel gewig voor). 'n Klein gewiggie wat aan die lang staaf hang veroorsaak dieselfde buiging as 'n kort stafie waaraan 'n groot gewig hang.

#### 3.5.4 Ewig in die balans

Empiriese getuienis in baie gebiede dui daarop dat begrip van verhoudings soos dit na vore kom by balansering met 'n eenvoudige balans eers met die aanbreek van formeel-operasionele denke 'n deel van die kind se denkvermoë word.

Die eenvoudige balans bestaande uit 'n uniforme staaf met die



steunpunt presies in die middel van die staaf is gebruik deur Piaget en Inhelder (1958, p. 164) om die verhoudingsbegrip te toets. Verskillende gewigte kan op enige afstand vanaf die steunpunt gehang word om balans te verkry.

Om altyd ewewig te verkry, is dit nodig dat die kind die wet van die hefboom sal begryp, nl. dat vir ewewig die linksommoment gelyk moet wees aan die regsommoment of  $\omega_1 s_1 = \omega_2 s_2$  ( $\omega$  = gewig,  $s$  = afstand vanaf die steunpunt). Hierdie omge-

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

keerde eweredigheid kan ook geskryf word as  $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{s_2}{s_1}$ . As die kind in die beginstadium van konkreet-operasionele denke is, hang hy ewe groot gewigte ewe ver van die steunpunt om balans te verkry. As hy gedwing word om met gewigte te werk wat nie ewe groot is nie, probeer hy deur die probeer-fouteer-metode om balans te vind, maar kan nie gevolgtrekkings maak uit sy eksperimenteerders nie.

Teen die einde van die konkreet-operasionele stadium begin die kind die omgekeerde eweredigheid insien tussen gewig en afstand. Hy voel aan dat as die gewig vergroot word dit nader na die steunpunt geplaas moet word, maar hy kan nie presies sê waar nie (Inhelder en Piaget, 1958, p. 171).

Gedurende die formeel-operasionele stadium word die wet van die hefboom begryp omdat die kind die INRC-sisteem tot sy beskikking het.

Sê 'n toename in gewig links van die steunpunt word voorgestel deur  $\omega_l$  en 'n toename in gewig regs van die steunpunt deur  $\omega_r$ . Afname in gewig word dan voorgestel deur  $\bar{\omega}_l$  en  $\bar{\omega}_r$  respektiewelik. Net so word afstand voorgestel deur  $s_l$  en  $\bar{s}_l$ ,  $s_r$  en  $\bar{s}_r$  en sê die linksommoment word voorgestel deur  $M$  en die regsommoment sal dan  $\bar{M}$  wees. By bg. elemente word die identiteitselement  $I$  gevoeg, nl. rotasie deur  $0^\circ$ .

Het hierdie elemente groepeienskappe (vgl. par. 3.4.2)?  
Laat die simbool  $\circ$  „gekombineer met“ voorstel.

$$\omega_\ell \circ \omega_r = I$$

$$\omega_\ell \circ s_r = I$$

$$s_\ell \circ s_r = I \text{ ens. (omkeerbaarheid of inversie).}$$

$$\omega_\ell \circ I = \omega_\ell \text{ ens. (identiteitselement bestaan).}$$

$$\omega_\ell \circ (\omega_r \circ s_r) = (\omega_\ell \circ \omega_r) \circ s_r \text{ ens.}$$

(assosiatiewe eienskap)

$$\omega_\ell \circ s_\ell = M_\ell,$$

$$\omega_r \circ M_\ell = s_\ell \text{ ens. (geslotenheid)}$$

Die groepeienskappe is dus almal teenwoordig.

Die viergroep (vgl. par. 3.4.4.2) word soos volg op die balans toegepas as  $\omega_\ell \cdot s_\ell$  as die identiteitselement beskou word:

$$N(\omega_\ell \cdot s_\ell) = \bar{\omega}_\ell \vee \bar{s}_\ell \text{ of } \omega_r \vee s_r$$

$$I(\omega_\ell \cdot s_\ell) = \omega_\ell \cdot s_\ell$$

$$R(\omega_\ell \cdot s_\ell) = \bar{\omega}_\ell \cdot \bar{s}_\ell \text{ of } \omega_r \cdot s_r$$

$$C(\omega_\ell \cdot s_\ell) = \omega_\ell \vee s_\ell \text{ of } \bar{\omega}_r \vee \bar{s}_r \quad (1)$$

Vanuit die fisiese sy gesien (vgl. par. 3.4.4.2.2) is die inverse (N) van toename in gewig links 'n afname in gewig links. Die wederkerige daarvan is om dieselfde gewig op 'n kleiner afstand vanaf die steunpunt te hang en die korrelaat daarvan is om die gewig aan die linkerkant op 'n groter afstand vanaf die steunpunt te hang. Volgens die simbole gebruik in par. 3.4.4.2.2  $p = \omega_\ell$ ,  $q = s_\ell$ ,  $p' = \bar{\omega}_\ell$ ,  $q' = \bar{s}_\ell$ . Dan volg dat

$$\begin{aligned}
 N(p) &= p' = \bar{\omega}_\ell \quad \text{of} \quad \omega_r \\
 R(p) &= q' = \bar{s}_\ell \quad \text{of} \quad s_r \\
 C(p) &= q = s_\ell \quad \text{of} \quad \bar{s}_r
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

in hierdie besondere geval.

Wat egter hier in gedagte gehou moet word, is dat hier eintlik 'n dubbele verhoudingskema is, want daar is 'n omgekeerde eweredigheid tussen afstand en gewig soos duidelik gesien kan word uit (1) en (2). Hierdie verhouding kan eers ingesien word as die INRC-sisteem sy verskyning maak met veral die denkhandelinge van inversie en wederkerigheid.

Wat ons dus eintlik hier het, is 2 substelsels in die stelsel; sê 'n linkersubstelsel en 'n regtersubstelsel. Wat dus eintlik hier van die kind verwag word, is om

- (i) die verhouding tussen twee veranderlikes ( $\omega$  en  $s$  in die geval) in die twee substelsels te vind;
- (ii) die verhouding tussen die twee verhoudings te vind (linksommoment en regsommoment) en dan
- (iii) getalle te gebruik in die oplossing van die probleem (Hammond en Raven, 1973, pp. 257 - 262).

Alhoewel die kind dus uiteindelik van getalle gebruik moet maak om die probleem op te los, is dit nodig dat hy kompenseringdenkhandelinge moet beseef. Dit kom veral na vore by inversie en wederkerigheid in die INRC-sisteem en is kenmerkend van formeel-operasionele denke (vgl. par. 3.4.4.2).

### 3.5.5 Die ossillasies van die pendulum

Ook hierdie eksperiment toets net soos die stafies-eksperiment

(vgl. par. 3.5.3) die kombineringsienskap by kinders en die vermoë om alle moontlike relevante faktore in 'n eksperiment konstant te hou, behalwe dié een waarvan die invloed vasgestel moet word.

Die apparaat bestaan uit 'n eenvoudige slinger waarvan die lengte gemaklik verander kan word. Verskillende gewigte kan aan die slinger gehang word en die slinger kan met verskillende amplitudes laat swaai word. Piaget en Inhelder (1958, p. 67) stel dat nog 'n faktor wat vir die kind moontlik relevant aan die slingertyd sal wees die krag is waarmee die gewig weggestoot word. Hierdie krag beïnvloed egter net die amplitude en word vir die doel van die bespreking buite rekening gelaat. Aan die kind word opgedra om uit te vind watter faktore 'n invloed het op die frekwensie van die slinger. Die eksperiment toon groot ooreenkoms met die stafies-eksperiment (vgl. par. 3.5.3). Waar by lg. eksperiment al die faktore ter sprake wel 'n invloed gehad het op die buiging van die stafies, is by die slinger-eksperiment daar slegs een faktor, nl. slingerlengte wat 'n invloed op die slingertyd het. Die nie-relevante faktore moet dus uitgesluit word.

Piaget en Inhelder (1958, pp. 70-75) het in die benadering van die probleem die volgende ontwikkelingsgang by kinders gevind: Gedurende die konkreet-operasionele denkstadium kan kinders lengtes, amplitudes en gewig orden. Hulle kan ook verskille in frekwensies waarneem, maar kan nog nie die veranderlikes van mekaar skei nie. Die omgekeerde verhouding tussen die lengte van die slinger en slingertyd word al ontdek, maar omdat hy nie veranderlikes skei nie, word die ander faktore ook as relevant aan die frekwensie beskou.

Met die aanbreek van formeel-operasionele denke kan die kind korrekte gevolgtrekkings maak as aan hom kombinasies gegee word waarin al die faktore behalwe een konstant gehou moet word. Self kan hy egter nog nie die kombinasies doen nie. Hy besef dat hy

in sy poging niks bewys nie maar het nog net nie die kombinasie-sisteem wat uitsluiting moontlik maak nie. Met die volle ontplooiing van formeel-operasionele denke besit die kind dan so 'n kombinerings-sisteem wat uitsluiting van nie-relevante faktore moontlik maak.

Sê  $p$  stel 'n lengteverandering voor,  $q$  'n gewigsverandering en  $r$  'n amplitudeverandering terwyl  $s$  'n verandering in frekwensie voorstel. Gedurende stadium II redeneer die kind dat

$$p \cdot q \cdot r > s$$

$$\therefore p > s, q > s \text{ en } r > s.$$

Die kombinasies tussen  $q$  en  $s$ ,  $q \cdot s \vee q \cdot \bar{s} \vee \bar{q} \cdot s \vee \bar{q} \cdot \bar{s}$  word wel gevind (vgl. par. 3.4.4.1) (binêre denkhandeling nr. 16 nl. tautologie) waaruit dan die gevolgtrekking gemaak kan word dat  $q$  geen invloed op  $\bar{s}$  het nie. Dieselfde geld vir  $r$  en  $s$  terwyl binêre denkhandeling nr. 14 (vgl. par. 3.4.4.1) nl.

$p \cdot s \vee \bar{p} \cdot s \vee \bar{p} \cdot \bar{s}$  gevind word tussen  $p$  en  $s$  (implikasie)

$\therefore p > s$ . Die binêre denkhandeling wat veral ter sprake is in die gevalle waar die invloed van gewig en amplitude op die frekwensie van die slinger bepaal moet word, is nr. 15, tautologie (vgl. par. 3.4.4.1). Waar die invloed van slingerlengte op die frekwensie van die slinger bepaal moet word, is dit nodig dat binêre denkhandeling nr. 14, implikasie, uitgevoer moet kan word (vgl. par. 3.4.4.1). Die kind in die formeel-operasionele denkstadium het 'n besef van die aantal moontlike kombinasies en daarom word alle faktore behalwe een konstant gehou om so die kombinasies te beperk. Nou kan baie gouer tot 'n gevolgtrekking gekom word. (Vir meer inligting oor die kombineringsmoontlikhede en binêre denkhandeling vgl. par. 3.5.2).

### 3.6 Samevatting

In hierdie hoofstuk is die kenmerke van formeel-operasionele denke bespreek.

Formeel-operasionele denke word veral gekenmerk deur die vermoë tot hipoteties-deduktiewe denke. Die denke in die stadium word ook gekenmerk deur groep- en traliestrukture. Formeel-operasionele denke word ook gerieflik beskryf in terme van 2 logies-matiese modelle, nl. die INRC-sisteem en die 16 binêre denkhandelinge.

In hoofstuk 4 volg nou 'n ontleding van die Natuur- en Skeikunde-sillabusse vir die junior-sekondêre skoolfase volgens die eise daardeur gestel aan formeel-operasionele denke.

## HOOFSTUK 4

### 'N ONTLEDING VAN DIE NATUUR- EN SKEIKUNDESILLABUSSE IN DIE JUNIOR-SEKONDÊRE SKOOLFASE IN TRANSVAAL VOLGENS DIE VEREISTES DAARDEUR GESTEL AAN FORMEEL-OPERASIONELE DENKE

#### 4.1 Inleiding

Die bestaan van bepaalde denkstadiums in die lewe van 'n kind en spesifieke denkprestasies wat bereik kan word met die aanbreek van 'n sekere denkstadium, sal vanselfsprekend 'n groot invloed hê op kurrikulum- en sillabussamestelling. In hierdie hoofstuk word eerstens bespreek op welke wyses die bestaan van denkstadiums kurrikulums en sillabusse kan beïnvloed en daarna word die Natuur- en Skeikundesillabusse vir standerds 5, 6 en 7 ontleed volgens die eise daardeur gestel aan formeel-operasionele denke.

#### 4.2 Eise gestel aan kurrikulum- en sillabussamestelling volgens die Piagetaanse teorie

Die benadering tot sillabuskonstruksie vanuit die Piagetaanse teorie kan tweërlei wees.

Eerstens kan afgewyk word van die tradisionele sillabusinhoud wat hoofsaaklik vakgerig is. As rede vir die breuk met die tradisionele sillabusinhoud word aangevoer dat die primêre taak van opvoedkundiges is om intellektuele ontwikkeling aan te help en daarom moet die sillabusinhoud in die eerste plek daarop gerig wees. Die tydige en selfs vroeë bereiking van die denkstadiums moet deur die leerinhoud aangehelp word. Omdat die een denkstadium op die ander een volg en die voorafgaande stadium se prestasies by die daaropvolgende stadium geïnkorporeer word moet reeds vroeg begin word om die denkontwikkeling van die

kind aan te help. So is daar dan ook 'n hele aantal kurrikulums en sillabusse ontwikkel wat almal daarop gerig was om aktiwiteite daar te stel wat voorskoolse- en primêre-skoolleerlinge sal help in die ontwikkeling van getal, ruimte, tyd en klassifikasie van die wêreld om hom. Kurrikulums is ook ontwikkel vir sekondêre-skoolleerlinge om hul voor te berei vir formele denke (Case, 1973, p. 23).

Voorstanders van hierdie eerste radikale wyse van kurrikulum- en sillabussamestelling verloor uit die oog dat nie alle mense die formele denkvlak bereik nie. Dit word ook algemeen aanvaar dat kinders die stadia elkeen op sy eie wyse en tyd bereik en gevolglik het 'n kunsmatige aanhelp van die proses nie veel nut nie (Case, 1973, p. 23). Piaget beweer self dat as die Amerikaners vertel word van 'n ontwikkelingsproses dan vra hulle of dit versnel kan word! (Cronbach, 1964, p. 205).

Ausubel (Sullivan, 1970, voorwoord) sê egter dat die status van die Opvoedkunde in die verlede baie skade aangedoen is deur stellings van verwante dissiplines te oorvereenvoudig en dan toe te pas op die Opvoedkunde. So het verskillende „giere" ontstaan. Daar moet sorg gedra word dat Piaget se teorieë nie ook later as 'n „gier" bestempel sal word a.g.v. onoordeelkundige gebruik nie.

'n Tweede wyse waarop sillabussamestelling kan aanpas by Piaget se opvatting is om die kind se gereedheid vir bepaalde leerstof af te wag. Aan die inhoud van die leerstof hoef nie veel verander te word nie. Slegs 'n herrangskikking is nodig. Die sillabusinhoud moet dieselfde volgorde van logiese kompleksiteit volg as wat die kind se denkontwikkeling volg. Die inhoud moet ook ooreenstem met die ouderdomme waarop die denkstadiums ontwikkel (Shayer, 1970, p. 183). 'n Mens het eintlik statistiek nodig van watter persentasie kinders 'n betrokke denkvlak op 'n sekere ouderdom bereik. Algemeen-geldende statistiek is egter nie in hierdie verband beskikbaar nie aangesien kulturele- en omgewingsinvloede 'n rol speel by die denkontwik-



keling. Die ideaal is dus dat die sillabus van 'n betrokke vak sal aanpas by die kind en nie omgekeerd nie. As iets deur die kind geleer word waarvoor hy nog nie gereed is nie bestaan daar altyd die gevaar dat die resultaat oënskynlik goed lyk maar dat dit op die langtermyn nadelige gevolge kan hê (Cronbach, 1964, p. 205).

Dit bly egter 'n moeilike taak om te besluit op watter begripvlak werk onderrig kan word of om 'n onderwysituasie te skep waar sommige leerlinge 'n begrip op die formele vlak en ander op die konkrete vlak kan hanteer (Gaskell, 1973, p. 374). Dit is veral so omdat leerlinge in dieselfde klas op verskillende denkvlakke is (Ball en Sayre, 1974, p. 331; Buell en Bradley, 1972, p. 29). Hierdie probleme is egter nie so groot dat heeltemal afgesien moet word van die idee dat die leerstof moet aanpas by die kind se denkontwikkeling nie. Daar is nog opvoedkundiges wat glo dat die beste manier om uit te vind wanneer en hoe iets onderrig moet word, is om dit te onderrig. In die proses gaan kosbare tyd en energie verlore (Sullivan, 1970, p. 26).

#### 4.3 'n Analise van die Natuur- en Skeikunde-sillabusse vir die junior-sekundêre skoolfase volgens vereistes daardeur gestel aan formeel-operasionele denke

##### 4.3.1 Inleiding

Die sinvolle toepassing van Piaget se teorieë vra dat sillabusse aangepas moet word by die kind se denkontwikkeling. So kan leerinhoud wat formeel-operasionele denke van die kind vereis nie aan die 11- of 12-jarige kind gegee word nie, aangesien die formele denkstadiums eers op daardie ouderdom 'n aanvang neem.

Die analise van die Natuur- en Skeikunde sillabus wat hierna volg, is gedoen aan die hand van eise gestel aan formeel-operasionele denke. Aspekte van formeel-operasionele denke wat veral aandag

sal geniet, is hipoteties-deduktiewe denke, die kombinerings-sisteem (veral die 16 binêre denkhandelinge) en die viergroep of INRC-sisteem (vgl. par. 3.4).

#### 4.3.2 Analise van die st. 5-syllabus

Onder die opskrif „die maatsilinder” (T.O.D., 1972, p. 1) word eksperimente voorgeskryf waarin die volume van vloeistowwe en onoplosbare vaste stowwe bepaal moet word. Die volume-bepaling van 'n onoplosbare vaste stof kan wel meganies en volgens resepte uitgevoer word maar as die kind werklik wil verstaan waarmee hy besig is, moet hy begrip van behoud van volume hê. Die uiterlike vorm van die onoplosbare stof (klip, ens.) is geheel anders as die silindriese vorm van die water wat verplaas word maar volume bly behoue.

Begrip van behoud van volume kom eers voor op 11-, 12-jarige ouderdom (d.w.s. met die aanbreek van formeel operasionele denke). As die drie dimensies van volume, sê  $x$ ,  $y$  en  $z$  getransformeer word in  $x^1$ ,  $y^1$  en  $z^1$  is daar behoud van volume as  $xyz = x^1y^1z^1$  of

$$\frac{xy}{x^1y^1} = \frac{z^1}{z}$$

Begrip hiervan is 'n kenmerk van formeel-operasionele denke (Inhelder en Piaget, 1958, p. 36).

Onder die opskrif krag word gewig behandel (T.O.D., 1972, p. 2). Gewig is dan die krag wat tussen die aarde en die voorwerp wat opgelig word bestaan; m.a.w. krag werk oor 'n afstand. Dit vereis denke wat op die grens tussen konkreet- en formeel-operasionele denke is (Gaskell, 1973, p. 374). Die rede hiervoor is dat die gevolge van die krag, nl. versnelling, duidelik sigbaar en konkreet is, maar die oorsaak daarvan nie waar te neem is nie en dus abstrak is.

By die bespreking van drukkrag (T.O.D., 1972, p. 4) word druk gedefinieer as krag uitgeoefen per eenheidsarea met eenheid Pa of  $\frac{N}{m^2}$ . Hier kom dus weer verhoudings ter sprake wat 'n eienskap van formeel-operasionele denke is (Inhelder en Piaget, 1969, p. 141). Die verhoudingskema kom direk van die viergroep of INRC-sisteem (Inhelder en Piaget, 1969, p. 142) (vir 'n bespreking van die viergroep sien par. 3.4.4.2). As ons dit op hierdie geval toepas begin ons met twee transformasies nl. p (toename in krag) en q (afname in area), wat beide dieselfde gevolg het, nl. verhoging in druk. Elkeen het 'n inverse N, nl. afname in krag  $p^1$  en toename in area  $q^1$ . Op die formele denkstadium ontdek die kind dat die inverse van die een transformasie, nl.  $p^1$  vervang kan word met die inverse van die ander transformasie, nl.  $q^1$  en dat so dieselfde resultaat verkry kan word; m.a.w. nie deur kansellasië nie maar deur kompensasië. As p beskou word as die basiese denkhandeling I, dan is  $p^1$  die inverse N. Die wederkerige R van p is dan  $q^1$  en q die korrelaat C van p. Hier is dus 2 pare direkte en inverse transformasies by betrokke, saam met die verhouding van ekwivalensie. Die verhoudingstelsel kom dus van die viergroep en neem die vorm aan van  $\frac{I}{R} = \frac{C}{N}$  (Inhelder en Piaget, 1969, p. 142). As st. 5-leerlinge dus werklik 'n begrip van druk wil hê, moet formeel-operasionele denke bereik wees. Dit is egter moontlik dat die werk op meganiese wyse gedoen kan word deur die formule te leer  $\left( p = \frac{F}{sz} \right)$  en getalle te substitueer. Goeie prestasie kan dus verkry word sonder werklike insig.

By die aantrekking en afstoting van magneetpole (T.O.D., 1972, p. 7) en veral die magneetveldbegrip is daar weer sprake van kragte wat oor 'n afstand werk, en dit vereis denke wat op die grens tussen konkrete en formele denke lê (Gaskell, 1973, p. 374). Die rede hiervoor is dat terwyl die gevolge van die krag sigbaar en konkreet is, is die oorsaak daarvan nie sigbaar en konkreet nie.

Samevattend kan gesê word dat die st. 5-sillabus nie hoë eise aan formeel-operasionele denke stel nie. Die leerinhoud is baie sterk op die konkrete gebaseer en formeel-operasionele denke kom slegs hier en daar na vore. Die sillabus is egter so opgestel dat 'n konkrete alternatief in die meeste gevalle bestaan. 'n Leerling wat nie op die formeel-operasionele denkvlak is nie, sal die werk oor die algemeen baie goed kan baasraak.

#### 4.3.3 Analise van die st. 6-sillabus

Massa (T.O.D., 1972, p. 12) is in werklikheid 'n baie abstrakte begrip. Volgens die sillabus word nêrens eers gepoog om 'n definisie van massa te verskaf nie en die benadering is baie konkreet deurdat die voorgeskrewe werk slegs eenhede van massa en massabepalings insluit. Die driekukbalans (T.O.D., 1972, p. 12) kan gebruik word waarvan die werking basies dieselfde is as die balans. Begrip van die werking van die balans vereis formeel-operasionele denke (vgl. par. 3.5.3).

Die digtheidsbegrip (T.O.D., 1972, p. 13) stel eise aan formeel-operasionele denke aangesien ons hier weer met verhoudings te doen het, net soos in die geval van druk. Dieselfde redenasies kan gevolg word as in die geval van druk (sien par. 4.3.2) om die noodigheid van die vlegroep of INRC-sisteem vir begrip aan te toon. As die werk by die konkreet-eksperimentele bly soos paragraaf 1.3.1.2 van die st. 6-sillabus waar massas van een gram elk in 'n maatsilinder gegooi word totdat die volume  $1 \text{ cm}^3$  gestyg het, sal die kind op die konkrete denkvlak moontlik nog bybly (T.O.D., 1972, p. 13). Sodra die verwantskap tussen massa en volume grafies voorgestel moet word (T.O.D., 1972, p. 13), kom die verhoudingsaspek sterk na vore en is formeel-operasionele denke nodig.

Die teorie van die deeltjie-geaardheid van materie (T.O.D., 1972,

p. 15) vereis hipoteties-deduktiewe denke. Dit word baie goed geïllustreer deur die voorgeskrewe verseëldde kisse-eksperiment. Wat in die kisse is, kan nie gesien word nie - slegs gehipoteetiseer word. M.b.v. deduktiewe denke moet die hipotese dan getoets word. Net so is die hele molekule-begrip (T.O.D., 1972, p. 15) 'n teorie waarvan die bestaan en eienskappe deur verskillende voorgeskrewe eksperimente vasgestel word na deduktiewe denke.

By die klassifikasie van materie (T.O.D., 1972, p. 20) word stowwe onderskei in elemente en verbindings wat albei reeds abstrakte begrippe is. Word nou simbole en formules daaraan toegeken, kry ons abstraksie van 'n abstrakte begrip, 'n denkhandeling wat op 'n denkhandeling uitgevoer word wat weer 'n eienskap van formeel-operasionele denke is (vgl. par. 3.4.1).

Onder die arbeidsbegrip (T.O.D., 1972, p. 24) word arbeid gedefinieer as die produk van krag en die afstand waaroor die krag werk. Hier het ons weer te doen met vermenigvuldigings-verhoudings wat 'n eienskap van formeel-operasionele denke is. As ons +F (vergroting van die krag) beskou as die identiteitsdenkhandeling sal +S (vergroting van die afstand waaroor die krag werk) dieselfde gevolg hê, nl. toename in arbeid. Die inverse N van +F is dan -F (krag word verklein) en die inverse van +S is -S (kleiner afstand waaroor die krag werk). Die wederkerige R van +F is dan -S (toename in arbeid as die krag groter gemaak word, word opgehef as die krag oor 'n kleiner afstand werk) en die wederkerige R van +S is -F. Die korrelaat C van die identiteitsdenkhandeling +F is dan +S.

Onder afdeling 4,3 van die sillabus moet die energiebegrip behandel word (T.O.D., 1972, p. 25). Hieronder volg 'n hierargie van begrippe wat nodig is vir die volle verstaan van energie opgedeel volgens Piaget se denkstadiums (Gaskell, 1973, p. 375).

### Pre-operasionele vlak

1. Die idee van lewendigheid, aktiwiteit, beweging en moegheid, gee 'n aanduiding van energie.

### Konkrete vlak

2. Energie is nodig om dinge te laat beweeg.
3. Dinge wat beweeg, besit energie.
4. Daar is verskillende vorms van energie.

### Die oorgang van konkreet- na formeel-operasionele denke

5. Energie kan gestoor word.
6. Energie kan gemeet word.
7. Een vorm van energie kan omgesit word in 'n ander vorm van energie.

### Formele vlak

8. Energie is die vermoë om werk te kan verrig.
9. Daar is ander soorte energie soos potensiële, elektriese en bindingsenergie.
10. Behoud van energie.
11. Verhouding tussen massa en energie,  $E = mc^2$ .

Punte 6,7,8 en 9 kom net so in die st. 6-syllabus voor.

Onder die afdeling elektrostatika (T.O.D., 1972, p. 26) word die atoommodel gebruik vir elektrifikasie. Die ladings is toe te skryf aan protone en elektrone in die atoom met die elektron die deeltjie wat toegevoeg of verwyder kan word. Hierdie hele afdeling het basies weer te doen met hipoteties-deduktiewe denke; die onsienbare se bestaan en eienskappe moet gevind word. Ook kom die begrip van behoud van lading hier voor. Die begrip is meer

abstrak as dié van behoud van volume. Dit is ook ingewikkelder as die begrip van behoud van energie omdat 2 tipes ladings teenwoordig is waarvan die teenwoordigheid van die een tipe lading die effek van die ander tipe kanselleer. Dit vereis dus ook formele denke.

Samevattend kan gesê word dat die st. 6-sillabus in 'n groot mate formeel-operasionele denke vereis as daar werklik insig in die werk wil wees. Nagenoeg die helfte van die leerinhoud het egter 'n konkrete aard sodat die leerling wat nog nie formeel-operasionele denke bereik het nie met harde werk redelik sal kan vaar.

#### 4.3.4 'n Analise van die st. 7-sillabus

Onder afdeling 1 (T.O.D., 1972, p. 28) word die begrip druk hersien, wat soos in par. 4.3.3 aangetoon formele denke vereis. By die behandeling van hidrostatische druk word die direkte eweredigheid tussen die druk en die diepte in 'n vloeistof behandel. Hierdie verhouding  $\frac{P}{S} = \text{konstant}$  ( $P = \text{druk}$ ,  $S = \text{diepte}$ ) vereis formeel-operasionele denke om dieselfde rede as die geval met druk en digtheid (vgl. par. 4.3.3). By die ondersoek na die invloed van digtheid op die druk op 'n gegewe diepte kom 'n soortgelyke verband na vore.

Die afdeling oor gasdruk (T.O.D., 1972, p. 28) stel hoë eise aan formeel-operasionele denke. In die eerste plek moet 'n model ontwikkel word vir gasdruk in terme van bewegende deeltjies - dit vereis hipoteties-deduktiewe denke. By die kwalitatiewe behandeling van die verband tussen temperatuur en volume by konstante druk, is daar sprake van direkte eweredigheid. Aangesien die Kelvin-temperatuurskaal ( $V \propto T$  waar  $T = ^\circ\text{C} + 273$ ) nog nie met die leerlinge behandel is nie kan daar beswaarlik kwantitatief op die saak ingegaan word. By die bepaling van die kwantitatiewe

verband tussen druk en volume het ons met 'n soortgelyke geval te doen as wat met die balans die geval was (vgl. par. 3.5.3) - verhouding in 'n stelsel bestaande uit twee substelsels ( $p_1 v_1 = p_2 v_2$ ,  $p$  = druk,  $v$  = volume). Soos reeds by die balans aangetoon vereis dit beslis formeel-operasionele denke. Die beginsel van die balans word dan ook onder draaieffek (T.O.D., 1972, p. 30) in die st. 7-syllabus voorgeskryf.

Arbeid is reeds in die st. 6-syllabus getipeer as 'n begrip wat formele denkhandelinge vereis (sien par. 4.3.3). In die st. 7-syllabus volg 'n verdere uitbreiding van die arbeidsbegrip, nl. drywing of arbeidstempo (T.O.D., 1972, p. 30). Dit word gedefinieer as verhouding tussen arbeid en tyd, wat net soos in die geval van druk en digtheid (al die verhoudings kan geskryf word in die vorm  $a = \frac{x}{y}$ ) formele denke vereis (sien par. 4.3.3).

By die behandeling van die elektriese stroom (T.O.D., 1972, p. 30) vereis verband tussen stroomsterkte en lengte van die geleier (omgekeerde eweredigheid,  $I \propto \frac{1}{l}$ ) en stroomsterkte en dikte van die geleier ( $I \propto r^2$ ) formele denke. As dit egter kwalitatief en konkreet gedoen word soos voorgeskryf deur die stroomsterkte slegs te meet in terme van die helderheid van die gloeilamp, behoort die kind op die konkrete vlak nie baie probleme te ondervind nie. Dieselfde geld ook vir selle in serie en in parallel geskakel (T.O.D., 1972, p. 31).

Vir begrip van die verhouding ohm = volt/ampêre (T.O.D., 1972, p. 32) word ook formeel-operasionele denke vereis (vgl. par. 4.3.3 - druk en digtheid).

Waar die atoom (T.O.D., 1972, p. 34) reeds 'n abstrakte begrip is, is die atoommassa-eenheid  $u$ , en die molbegrip verdere abstraksies van die atoombegrip. Dieselfde geld vir simbole van elemente, formules van verbindings en vergelykings van chemiese reaksies.



Laastens word ook formele denke vereis by transversale golwe (T.O.D., 1972, p. 37) waar die produk van golflengte en frekwensie van 'n golf die snelheid van 'n golf aangee ( $v = f \times \lambda$ ) (vgl. druk en digtheid - par. 4.3.3).

Samevattend kan gestel word dat die grootste gedeelte van die Natuur- en Skeikunde-sillabus vir st. 7 eis dat die leerling se denke op die formeel-operasionele denkvlak moet fungeer. 'n Leerling wat nog nie die denkstadium bereik het nie, sal nie insig in die leerstof hê nie en swak prestasie lewer.

#### 4.4 Samevatting

In hierdie hoofstuk is die Natuur- en Skeikunde-sillabusse in die junior-sekundêre skoolfase ontleed aan die hand van die eise deur die sillabusse gestel aan die denke van die kind. Aangesien leerlinge in bg. skoolfase die konkrete denkstadium reeds bereik het, maar nog nie almal die formele denkstadium nie, is in die analise gepoog om vas te stel watter eise deur die sillabusse aan formeel-operasionele denke gestel word.

Uit die analise het geblyk dat min formeel-operasionele denke van die st. 5-leerlinge verwag word. In st. 6 word heelwat formele denke vereis vir begrip van die leerinhoud van Natuur- en Skeikunde terwyl die vereistes in st. 7 nog hoër is.

'n Leerling wat nog nie die formeel-operasionele denkvlak bereik het nie, sal dit dus baie moeilik vind om dieselfde prestasies in Natuur- en Skeikunde te behaal as klasmaats van dieselfde ouderdom, wat reeds die formeel-operasionele denkvlak bereik het. In st. 5 sal die verskil nie eintlik opmerklik wees nie, maar in st. 6 en veral in st. 7 behoort die verskil in prestasie aanmerklik te wees.

Oor die algemeen is die sillabusse in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase goed aangepas by die denkontwikkeling van die kind. Die st. 5-sillabus is baie sterk op die konkrete gebaseer. Vir die st. 6-sillabus is daar meer formele denke nodig terwyl die st. 7-sillabus met 'n nog meer abstrakte inhoud nog hoër eise aan formeel-operasionele denke stel. Dit is verbasend as in ag geneem word dat daar nog nie tevore, sover dit die kennis van die navorser strek, 'n studie van dié aard onderneem is nie. Moontlik is die sillabus proefondervindelik so goed by die denkontwikkeling van die kind aangepas (vgl. Sullivan, 1970, p. 26). Uit ervaring is moontlik vasgestel wat die kind kan doen en wat nie. 'n Vraag wat dadelik na vore kom is wat van leerlinge wat nooit die formeel-operasionele denkvlak bereik nie? Die oplossing lê waarskynlik daarin dat daar so gedifferensieer sal word dat die leerstof vir die leerlinge op die konkrete vlak bly. Die praktiese beroepsgerigte kursus kan aan so 'n behoefte voldoen.

In hierdie hoofstuk is aangetoon dat die Natuur- en Skeikunde-sillabusse in die junior-sekondêre skoolfase formeel-operasionele denke vereis. Die kenmerke van formeel-operasionele denke is in hoofstuk 3 bespreek.

Ons vermoed dus dat baie van die probleme wat leerlinge (selfs dié met 'n relatiewe hoë I.K.) in Natuur- en Skeikunde ondervind daaraan toegeskryf kan word dat die leerlinge nog nie die denkvlak bereik het wat vereis word vir 'n goeie begrip van die leerstof nie.

In hierdie studie wil ons aantoon dat bostaande waar is deur die volgende hipotese te toets.

Begaafde leerlinge (I.K.  $\geq$  108) wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase is op 'n laer denkvlak

as leerlinge wat goed presteer, al is die intelligensie kwantitatief dieselfde.

## HOOFSTUK 5

### METODE VAN ONDERSOEK

#### 5.1 Doel van die ondersoek

In hoofstuk 4 is aangetoon dat dit nodig is vir 'n leerling om die formeel-operasionele denkstadium te bereik alvorens sommige van die leerstof in die Natuur- en Skeikunde-sillabusse in die junior-sekondêre skoolfase werklik begryp sal word.

Die doel van die ondersoek was om te probeer vasstel waarom sommige leerlinge ten spyte van groot intellektuele vermoëns, soos weerspieël in I.K.-toetse, tog swak vaar in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase. Die hipotese wat dus in die eerste plek in hierdie ondersoek getoets wil word is:

#### Hipotese 1

Begaafde leerlinge ( $I.K. \geq 108$ ) wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase, is op 'n laer denkvlak as leerlinge wat goed presteer al is die intelligensie kwantitatief dieselfde.

As begaafde leerlinge swak presteer in Natuur- en Skeikunde a.g.v. die nie-bereiking van die formeel-operasionele denkvlak lyk dit waarskynlik dat hul denke nog sal ontwikkel gedurende die junior-sekondêre skoolfase. Die volgende hipotese word dus in dié verband gestel.

#### Hipotese 2

Daar is 'n ontwikkeling in die denke van begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde gedurende die junior-sekon-

dêre skoolfase.

Dit lyk verder waarskynlik dat as hipotese 1 waar is, leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde reeds vroeg in die junior-sekondêre skoolfase die formeel-operasionele denkvlak bereik het. Die volgende hipotese word dus in dié verband gestel.

### Hipotese 3

Daar is geen verskil in die mate van bereiking van formeel-operasionele denke tussen begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde in standerds 5 en 6 en begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde in st. 7 nie.

### 5.2 Keuse van proefpersone

Die populasie wat geneem is vir die doel van die ondersoek is Afrikaanssprekende leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase in (i) 'n groot plattelandse sekondêre skool met 'n koshuis aan die skool verbonde waar heelwat stadskinders inwoon tesame met (ii) die sekondêre skool se grootste voedingskool. Om praktiese redes is teen 'n steekproef uit verskillende skole besluit. Verder is uit die groep leerlinge (564) dié uitgesoek wat in die boonste 35 persentiel wat I.K. betref, val. Dit het geblyk dat leerlinge met I.K.  $\geq 108$  in die groep val (217 leerlinge). Die I.K.'s van die leerlinge is gedurende November 1973 bepaal (N.S.A.G. Junior).

Die eksperimentele groep is verkry deur uit bg. groep leerlinge dié te neem wat in elke standerd in die onderste 35 persentiel en swakker gevaar het wat prestasie in Natuur- en Skeikunde betref. So is 29 leerlinge gevind.

Die kontrolegroep is toe verkry deur in die totale groep leerlinge

met I.K.  $\geq 108$ , dié 29 leerlinge te neem wat die heel beste presteer het in Natuur- en Skeikunde. Die kontrolegroep is so gekies dat daar net soveel leerlinge in die betrokke standaard in die kontrolegroep as in die eksperimentele groep is. Die proefpersone in die eksperimentele en kontrolegroep is nie afgepaar wat I.K.'s betref nie vanweë 'n beperkte keuse van proefpersone en in 'n poging om by die keuse van proefpersone die voorkeure van die proefleier geen rol te laat speel nie.

### 5.3 Gegewens omtrent proefpersone

Tabel 5.1

I.K.-verspreiding van die proefpersone in standerds 5, 6 en 7.

I.K.	Eksperimentele Groep			Totaal	Kontrolegroep			Totaal
	St.5	St.6	St.7		St.5	St.6	St.7	
108-111		2	6	8			1	1
112-115		1	4	5		1		1
116-119		3	4	7	2	2	5	9
120-123	2	1	3	6	1	3	3	7
124-127	1		1	2		2	3	5
128-131		1		1			4	4
132-135								
136 +							2	2
	3	8	18	29	3	8	18	29

Die gemiddelde I.K. van die eksperimentele groep was 116 en dié van die kontrolegroep 122. In die statistiese verwerkings is gekompenseer vir die verskil in gemiddelde I.K. deur gebruik te

maak van kovariansie-analise.

Tabel 5.2

Frekwensieverdeling van leerlinge volgens ouderdom in maande soos op 1975-7-15 in standerds 5, 6 en 7

Ouderdom in maande	Aantal proefpersone in Eksperimentele groep Standard 5			Aantal proefpersone in Kontrolegroep Standard 5		
	Seuns	Dogters	Totaal	Seuns	Dogters	Totaal
147-148		1	1			
149-150		1	1	1		1
151-152					1	1
153-154		1	1			
155-156						
157-158					1	1
		3	3	1	2	3
	Standard 6			Standard 6		
	Seuns	Dogters	Totaal	Seuns	Dogters	Totaal
157-158	2	2	4			
159-160		1	1			
161-162					3	3
163-164				1	1	2
165-166					1	1
176-168		3	3	1	1	2
	2	6	8	2	6	8

	Eksperimentele groep			Kontrolegroep		
	Standard 7			Standard 7		
	Seuns	Dogters	Totaal	Seuns	Dogters	Totaal
167-168		1	1	1		1
169-170	3	3	6	1	1	2
171-172	1		1	1	1	2
173-174		1	1		2	2
175-176	2	2	4	1		1
177-178	1	3	4	1		1
177-178	1	3	4	1	4	5
179-180	1		1	2	2	4
181-182						
183-184					1	1
	8	10	18	7	11	18
Alle leerlinge	10	19	29	10	19	29

Die gemiddelde ouderdomsverskil tussen die eksperimentele en kontrolegroep was minder as 2% en is nie verder in berekening gebring nie.

#### 5.4 Die Meetinstrumente

##### 5.4.1 Inleiding

Daar is gepoog om meetinstrumente te ontwikkel wat aan leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase aangebied kan word wat:

- (i) individueel toets maar tog nie baie tyd in <sup>b</sup>geslag neem nie;



- (ii) nie leeswerk nodig het nie;
- (iii) die mate van bereiking van die formeel-operasionele denkvlak toets; en
- (iv) wat genoegsaam kon diskrimineer tussen groepe kinders wat nie in dieselfde mate die formeel-operasionele denkvlak bereik het nie.

#### 5.4.2 Tipes

Vir die toetsing van die hipoteses was dit nodig dat intelligensie, prestasie in Natuur- en Skeikunde en bereiking al dan nie van die formeel-operasionele denkvlak bepaal moes word. Eg. twee is reeds tevore by die skole bepaal. Slegs die mate van bereiking van formeel-operasionele denke is deur die proefleier self bepaal.

#### 5.4.3 Die intelligensietoets

Die I.K.'s van leerlinge is verkry van die Ed. lab. kaarte. Die I.K.'s van die leerlinge is gedurende die laaste kwartaal van 1973 bepaal met die N.S.A.G. Junior, vorm K, toets.

#### 5.4.4 Bepaling van prestasie in Natuur- en Skeikunde

Weens die gebrek aan 'n gestandaardiseerde Natuur- en Skeikunde toets is die punte van leerlinge geneem soos behaal in twee klas-toetse en een eksamen gedurende die eerste semester van 1975 te same met een klastoets gedurende die tweede semester van 1975. In die geval van die st. 6-leerlinge is die Natuur en Skeikunde-punt verkry deur die punte te neem soos behaal gedurende die eerste semester van 1974. In 'n betrokke standerd was die inhoud van die klastoetse en eksamenvraestel presies dieselfde.

#### 5.4.5 Insameling van gegewens

Die toetse is almal self deur die navorser gedurende Julie 1975 afgeneem. Elke leerling het 4 individuele toetse afgelê. Die navorser self was nie bewus of die proefpersone in die eksperimentele of kontrolegroep was nie.

Volledige besonderhede van elke leerling se response is gehou. Die gegewens is later deur die proefleier gebruik om die response te evalueer. Die gegewens is later ook deur 'n ander persoon gebruik om die response te evalueer en 'n punte-toekening te maak om so die betroubaarheid van die toetse na te gaan (vgl. par. 5.6). Hiermee was die navorser tevrede dat die hoogste mate van objektiwiteit en betroubaarheid bereik is.

Voordat met die werklike insameling van gegewens begin is, is gedurende een skooldag in 'n voorondersoek leerlinge wat nie in die eksperimentele of kontrolegroep was nie, getoets met die denkvlaktoetse om so probleme wat gedurende die werklike toetsing mag opduik, uit die weg te ruim.

#### 5.4.6 Toetse vir bepaling van die denkvlak

Die doel van die toetse is om vas te stel in watter mate leerlinge die formeel-operasionele denkvlak bereik het. Piaget en sy medewerkers het verskeie eienskappe gevind wat eie is aan formeel-operasionele denke (vgl. par. 3.4). Die 4 denkhandelinge waarvoor in hierdie ondersoek getoets is, was vermoë tot kombinasie-vorming, skeiding van veranderlikes, verhoudingsvorming en uitsluiting van nie-relevante veranderlikes. Die ontwerp van instrumente om prestasie in Piaget-take te toets is egter nog in sy kinderskoene. Piaget se metode van eksperimentering en toetsing is nog nie gestandaardiseer nie (Raven, 1973, p. 377).

5.4.6.1 Die kombineringsvermoë (Toets A)  
(vgl. par. 3.5.2)

(i) Toetsmateriaal en prosedure

Die apparaat het bestaan uit 'n kassie met 5 skakelaars (vgl. par. 3.5.2). 'n Sekere kombinasie van die skakelaars in op en af (boontoe en ondertoe) posisies het 'n liggie wat op die kassie gemonteer is, laat brand.

Dit is aan die proefpersoon gestel dat dit een, enige 2, enige 3 of enige 4 van die skakelaars in die ondertoeposisie kan wees wat die liggie laat brand terwyl die res in die boontoe posisie is. Al 5 skakelaars is in die boontoe („op") posisie geskakel en daarna al 5 in die ondertoe („af") posisie om aan te toon dat sommige in die ondertoe en ander in die boontoe posisie moet wees voordat die liggie brand. Dit is ook gestel dat nie probeer moet word om met intuïsie die lig te laat brand nie; daar moet gesorg word dat die lig wel brand - daarvoor is nodig dat planmatig te werk gegaan word en alle moontlikhede ondersoek word. Daar word nie gelet op hoe gou die liggie brand nie, maar wel of die liggie uiteindelik tog brand. Die proefpersoon is ook aangesê om alles in sy vermoë te doen om nie kombinasies te herhaal nie.

Daar is begin met al 5 skakelaars in die boontoe posisie. Die proefpersoon is gevra om die skakelaars wat hy na die ondertoe posisie wil skakel gelyktydig te skakel. As die liggie nie brand nie, moet al die skakelaars almal weer gelyktydig teruggeskakel word voordat 'n nuwe poging aangewend word. Die skakelaars is genommer van 1 tot 5 en elke kombinasie is deur die proefleier neergeskryf.

As die proefpersoon heeltemal onsistematies te werk gegaan het, is hy aangesê om voort te gaan asof 2 skakelaars in die ondertoe posisie die liggie laat brand, daarna 3 skakelaars en daarna 4

skakelaars. (Hierna genoem 2, 3 en 4 skakelaarkombinasies).

As die proefpersoon redelik gou daarin geslaag het om die korrekte kombinasie uit die 32 moontlike kombinasies te kry, is hy gevra om voort te gaan en na 'n volgende kombinasie te soek wat die liggie laat brand.

(ii) Responsie-evaluering

Aangesien die kombineringsvermoë juis 'n kenmerkende eienskap van formeel-operasionele denke is, word volpunte toegeken as die persoon heeltemal sistematies kombinasies skakel en hoe minder sistematiese kombinasies gemaak word, hoe minder punte word toegeken in die denkvlaktoets.

Laat die syfer 4 skakelaar nr. 4 in die ondertoe-posisie voorstel en 2 3 4 die skakelaarkombinasie voorstel waar skakelaars 2, 3 en 4 in die ondertoe posisie geskakel is, ens.. 'n Proefpersoon gaan hoogs sistematies te werk as hy bv. soos volg skakel: 1, 2, 3, 4, 5; 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 34, 35, 45; 123, 124, 125, 134, 135, 145, 234, 235, 245, 345; 1234, 1235, 1245, 1345, 2345; 12345. Alle 2 skakelaarkombinasies word eers gedoen voordat met sê 3 skakelaarkombinasies voortgegaan word. Alle 3 skakelaarkombinasies kan gedoen word voor bv. 2 of 4 skakelaarkombinasies probeer word maar daar moet ook sistematiek wees as 2, 3 of 4 skakelaarkombinasies self probeer word. So bv. openbaar kombinasies 123, 124, 125, 134, 135 ens. sistematiek terwyl kombinasies soos 245, 135, 234 ens. onsistematies is.

'n Persoon werk redelik sistematies as hy in sy eie poging duidelik sê 2 skakelaarkombinasies, hoe onvolledig ookal, probeer voordat hy 3 of 4 skakelaarkombinasies probeer.

- a. Tien punte word toegeken as die proefpersoon of hoogs sistematies kombinasies skakel totdat die liggie brand  
óf  
indien die proefpersoon alle 2, 3 en 4 skakelaarkombinasies kan doen sonder herhalings met 'n sistematiese pging tot 3 skakelaarkombinasies.
- b. Nege punte word toegeken as die proefpersoon of self alle 4 of 2 skakelaarkombinasies doen en op aanvraag sistematies die ander kombinasies (4 of 2 skakelaarkombinasies) doen, maar onsistematies te werk gaan om 3 skakelaarkombinasies te vind  
óf  
indien die proefpersoon sistematies te werk gaan en op aanvraag alle 4 en 2 skakelaarkombinasies kan doen met 'n aanvanklike sistematiese pging tot 3 skakelaarkombinasies.
- c. Agt punte word toegeken as die proefpersoon aanvanklik sistematies te werk gaan, op aanvraag alle 4 en 2 skakelaarkombinasies kan doen en 'n pging aanwend tot 3 skakelaarkombinasies.
- d. Sewe punte word toegeken as die proefpersoon aanvanklik redelik sistematies te werk gaan en op aanvraag alle 4 en 2 skakelaarkombinasies kan doen met hoogstens 2 herhalings in lg. geval met geen herhalings by die 4 skakelaarkombinasies nie.
- e. Ses punte word toegeken as die proefpersoon aanvanklik self onsistematies te werk gaan en óf alle 4 skakelaarkombinasies óf alle 2 skakelaarkombinasies kan doen met hoogstens 2 herhalings in lg. geval.
- f. Vyf punte word toegeken as die proefpersoon aanvanklik self onsistematies te werk gaan en dan op aanvraag alle 4 skakelaarkombinasies kan doen met hoogstens 2 herhalings of 7 uit die

moontlike 10 2 skakelaarkombinasies kan doen met hoogstens 2 herhalings.

g. Vier punte word toegeken as die proefpersoon onsistematies te werk gaan en op aanvraag 'n duidelike maar onvolledige poging aanwend tot 2 en 4 skakelaarkombinasies.

h. Drie punte word toegeken as die proefpersoon onsistematies werk en op aanvraag 'n duidelike maar baie onsistematiese poging met baie herhalings aanwend tot 2 en 4 skakelaarkombinasies.

i. Twee punte word toegeken as die proefpersoon onsistematies te werk gaan en op aanvraag uiters onsistematies te werk gaan met 2 en 4 skakelaarkombinasies.

j. Een punt word toegeken as die proefpersoon met net 1 skakelaar op 'n keer in die ondertoe posisie pogings aanwend om die liggie te laat brand en op aanvraag 2 en 4 skakelaarkombinasies laat vaar na een of twee pogings.

#### 5.4.6.2 Skeiding van veranderlikes (Toets B) (vgl. par. 3.5.3)

##### (i) Toetsmateriaal en prosedure

Die apparaat het bestaan uit 9 metaalstafies van 4 verskillende materiale en 4 verskillende diktes. Lengtes kon deur die proefpersoon na willekeur varieer word. Die verskillende groottes gewigte, waarvan daar van elk 'n paar beskikbaar was, kon aan die stafies vasgeknyp word. As die gewig groot genoeg is by 'n bepaalde lengte hang die gewiggie se onderpunt op 'n houtvlak. Die proefpersoon word gevra watter stafie hy dink die maklikste sal buig. Die proefpersoon moet dan sy antwoord motiveer deur gebruik te maak van die gewiggies wat aan stafies

gehang moet word. Op die wyse moet hy die rol van dikte, lengte, gewig en soort stof op buiging aantoon. Alle veranderlikes moet konstant gehou word behalwe die een waarvan die rol op die buiging van die stafies aangetoon moet word.

(ii) Responsie-evaluering

As die proefpersoon self voorspel dat gewig 'n invloed het op die buiging van die staaf, word een punt toegeken. Dieselfde geld i.v.m. dikte, lengte en soort stof. As die proefpersoon die rol van 'n sekere veranderlike wil aantoon, word een punt toegeken as die veranderlike gevarieer word terwyl een punt toegeken word vir elk van die ander drie veranderlikes wat konstant gehou word. Dit gee 'n totaal van 20 punte wat verwerk word na 10 punte aangesien die ander eksperimente ook 'n hoogste moontlike punt van 10 gehad het.

5.4.6.3 Ewig van die balans (Toets C)  
(vgl. par. 3.5.4)

(i) Toetsmateriaal en prosedure

Die apparaat het bestaan uit 'n eenvoudige balans. In die balansarm is gaatjies op vaste afstande van mekaar geboor waarin gewiggies gehaak kan word (die eenheidsgewiggie was een moertjie). Daar is begin deur 'n gewiggie van twee eenhede op ses eenhede afstand vanaf die steunpunt te hang en die proefpersoon is gevra om enige gewiggie aan die anderkant van die steunpunt te hang sodat daar balans sal wees. Die aantal pogings tot balans verkry is, is neergeskryf. 'n Volgende gewiggie van 4 eenhede is aan die proefpersoon oorhandig sodat hy daarmee die twee eenhede-gewiggie kan balanseer. 'n Derde balansopdrag is hierna gegee waar die 2 eenhede-gewiggie aan die een hefboom gebalanseer moes word deur 'n 3 eenhede-gewiggie aan die ander hefboomarm. Hierna is gelet op inversie en wederkerigheid (kompensasie) en die volgende vrae is gevra na aanleiding van die

hefboom in ewewig:

1. As gewiggie A vergroot word, moet gewiggie B groter of kleiner gemaak word vir balans?
2. As gewiggie A verder (nader) van die steunpunt geskuif word, na watter kant moet gewiggie B geskuif word vir balans?
3. As gewiggie A vergroot (verklein) word, na watter kant moet gewiggie B geskuif word vir balans?

As finale toets hier is 'n gewiggie opgehang en drie verskillende gewiggies is aangewys waarmee die proefpersoon moes poog om met die eerste poging met 'n betrokke gewiggie balans te verkry.

(ii) Responsie-evaluering

As 'n gewiggie van  $x$  eenhede aan die een kant van die steunpunt hang en  $y$  eenhede aan die ander kant gehang moet word vir balans, word die situasie hierna aangedui deur  $x, y$ .

As die proefpersoon alle opdragte kan uitvoer, insluitende 2,3 en 3,4 en die wet van die hefboom kan formuleer - asook alle kompensasies reg het - 10 punte.

As die proefpersoon alle opdragte kan uitvoer maar die wet nie kan formuleer nie - 9 punte.

As die proefpersoon in die finale toets 4,3 of 3,2 of beide nie kan doen nie maar origens goed vaar insluitende 2,1 en 4,2 - 8 punte. In al drie bg. gevalle word een punt afgetrek vir elke kompensasie wat verkeerd is.

As die proefpersoon alle kompensasies kan doen maar een van 4,2 of 2,1 nie reg voorspel nie - 7 punte.



As die proefpersoon alle kompensاسies kan doen, swak voorspel, maar nogtans maklik balans verkry - 6 punte.

As die proefpersoon een kompensاسie verkeerd het, swak voorspel, maar nie veel pogings nodig het vir balans nie - 5 punte.

As die proefpersoon net een kompensاسie verkeerd het, maar net met afstand of gewig werk in sy poging tot balans of 'n direkte eweredigheid vind tussen gewig en afstand

óf

as die proefpersoon twee kompensاسies verkeerd het of 3 kompensاسies verkeerd het, maar baie min pogings nodig het voordat hy balans verkry - 4 punte.

As die proefpersoon geen kompensاسie reg het nie, maar nie lank sukkel om balans te verkry nie

óf

een kompensاسie reg het, maar baie sukkel met balans - 3 punte.

As die proefpersoon geen kompensاسie reg het nie, en baie sukkel met balans

óf

geen kompensاسie reg het en net met gewig of net met afstand werk - 2 punte.

As die proefpersoon voortdurend stoot aan balansarm vir ewig - 1 punt.

5.4.6.4 Die ossillasies van 'n pendulum en die denkhandelinge van uitsluiting (Toets D)  
(vgl. par. 3.5.5)

(i) Toetsmateriaal en prosedure

Die apparaat was 'n eenvoudige pendulum. 'n Gewiggie wat aan 'n toutjie hang het gedien as slingerarm. Die slingerlengte kon na willekeur verander word en die proefpersoon was ook ge-noodsaak om die toutjie vas te hou of kon m.b.v. 'n krokodilbek-klemmetjie die slingerlengte konstant hou. Vier verskillende groottes gewiggies is verskaf wat aan die toutjie gehang kon word. 'n Meterstok is verskaf waarmee slingerwydte gemeet kon word en 'n stophorlosie was ook beskikbaar indien die proefper-son slingertyd wou meet.

Daar is met die proefpersoon gesels oor watter faktore moontlik die slingertyd kan beïnvloed. Uiteindelik is aan die proefper-son gestel dat moontlike faktore slingerlengte, slingerwydte (amplitude) en die gewig is. Sorg is gedra dat die proefper-son duidelik verstaan wat met elk bedoel word. Aan die proef-persoon is vervolgens opgedra om self te vind watter van die drie faktore 'n rol speel.

(ii) Resposie-evaluering

As die proefpersoon vind dat 'n groter slingerlengte die slinger-tyd vergroot, word 3 punte toegeken. As hy in sy eksperimente-ring die gewig en amplitude konstant hou word vir elk daarvan 'n punt toegeken en vir die feit dat hy lengte verander, word ook een punt toegeken.

As die proefpersoon vasstel dat gewig geen invloed het op slinger-tyd nie word drie punte toegeken. Vir die feit dat hy verskil-lende gewigte in sy eksperimentering gebruik, word 'n verdere punt toegeken. As hy die slingerlengte konstant hou, word twee punte toegeken en as hy die gewig konstant hou, word 'n verdere

punt toegeken.

As die proefpersoon verder vasstel dat die amplitude geen invloed het op die slingertyd, word drie punte toegeken. As hy in sy eksperimentering die amplitude doelbewus verander, word 'n verdere punt toegeken. As hy die slingerlengte konstant hou, word 'n verdere twee punte toegeken en as die gewig konstant gehou word, word een punt toegeken. Daar sal opgemerk word dat vir die konstant hou van die lengte 2 punte toegeken word terwyl vir die konstant hou van die ander veranderlikes slegs een punt toegeken is. Dit is gedoen omdat lengte die enigste veranderlike is wat werklik 'n invloed het op die slingertyd. Die maksimum aantal punte wat toegeken kon word vir die toets, was 20 en is verwerk na 'n punt uit 10 om aan te pas by die ander eksperimente.

### 5.5 Geldigheid

Die toetsopsteller het 'n omvattende studie gemaak van formeel-operasionele denke. Dit het geblyk dat formeel-operasionele denke veral gekenmerk word deur

- (i) groepeienskappe;
- (ii) tralie-eienskappe.

Hieronder kom veral die kombineringsvermoë van die kind, die 16 binêre denkhandelinge en die INRC-sisteem na vore (vgl. par. 3.4).

Die vier subtoetse toets almal aspekte hiervan.

Die skakelaareksperiment toets groep- en tralie-eienskappe. Die kombineringsvermoë van die kind word in besonder getoets (vgl. par. 3.5.2).

Die buigbaarheid-van-stafies-eksperiment toets kombineringsvermoë (16 binêre denkhandelinge) en INRC-sisteem (vgl. par. 3.5.3).

Die balanseksperiment toets veral of die groepeienskap soos dit na vore kom in die INRC-sisteem aanwesig is (vgl. par. 3.5.4).

Die ossillasie-van-die-pendulum-eksperiment toets ook kombineringsvermoë (ingeslote die 16 binêre denkhandelinge) (vgl. par. 3.5.5).

#### 5.6 Betroubaarheid

Die nasienbetroubaarheid is soos volg getoets:

Die aangetekende response tesame met die kriteria vir evaluering is aan 'n persoon oorhandig wat nie by die ondersoek betrokke was nie. Elke subtoets is deur die persoon ge-evalueer en die totale van die subtoetse van elke leerling soos verkry deur die persoon en die proefleier is vergelyk en 'n Spearman korrelasiekoëffisiënt van 0,98 is verkry. Hierna was die proefleier tevrede met die nasienbetroubaarheid.

#### 5.7 Statistiese tegnieke

In hierdie eksperimentele opset is daar behalwe die onafhanklike veranderlike (mate van bereiking van die formeel-operasionele denkvlak) en die afhanklike veranderlike (prestasie in Natuur- en Skeikunde) nog 'n ongekontroleerde veranderlike, nl. die I.K.. Die bykomende waarnemings (I.K. in die geval) is nie ge-afekteer deur die toets self nie en het daarom nie afbreuk gedoen aan die



$N$  is die aantal proefpersone in die groepe en  $x = X - \bar{X}$ .

As  $\Sigma x^2$  nou aangepas is, kan die F-toets gebruik word om die duidendheid van die verskille tussen die variansies vas te stel.

$$F = \frac{\frac{\text{Aangepaste } B_b}{\text{G.V.}}}{\frac{\text{Aangepaste } B_w}{\text{G.V.}}} \quad \text{waar G.V. die grade van vryheid is.}$$

In die spesiale F-tabelle (Edwards, 1961, p. 507) kan die be= duidendheidsvlak nageslaan word.

### 5.8 Verwerking van gegewens

Alhoewel proefpersone vrae nie skriftelik beantwoord het nie, was die eksperimentele ontwerp tog van so 'n aard dat alle res= ponse wat 'n invloed kon hê op die evaluering, aangeteken is. Die responsies is deur die ondersoeker self ge-evalueer en later statisties verwerk.

## HOOFSTUK 6

### NAVORSINGSRESULTATE

#### 6.1 Inleiding

In hoofstuk 5 is die eksperimentele opset uiteengesit. Afri-kaansspreekende leerlinge in standerds 5, 6 en 7 van 'n groot plattelandse sekondêre skool en sy vernaamste voedingskool is by die ondersoek betrek (564 leerlinge). Dit het geblyk dat die boonste 35 persentiel van die leerlinge 'n I.K. van 108 en hoër het (hierna ook begaafde leerlinge genoem).

Vervolgens is leerlinge met I.K.  $\geq 108$ , wat in die onderste 35 persentiel van prestasie in Natuur- en Skeikunde val, in elke betrokke standaard uitgesoek. Dit het gedien as eksperimentele groep. Die kontrolegroep is gevind deur in elke standaard net soveel leerlinge met I.K.  $\geq 108$  te vind wat die beste in Natuur- en Skeikunde presteer het.

Deur gebruik te maak van toetse wat die mate van bereiking van formeel-operasionele denke bepaal, asook die gebruikmaking van kovariansie-analise is gepoog om vas te stel of die kontrolegroep 'n hoër denkvlak as die eksperimentele groep bereik het.

In hierdie hoofstuk word die navorsingsresultate ontleed.

#### 6.2 Resultate

##### 6.2.1 Hipotese 1

Deur 'n analise van die gegewens wil ons vasstel of hipotese 1

geldig is (vgl. par. 5.1), nl. of begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skool=fase op 'n laer denkvlak is as leerlinge wat goed presteer, al is die intelligensie kwantitatief dieselfde.

Uit die eksperiment is die volgende gegewens verkry soos in tabel 6.1 uiteengesit.

Tabel 6.1

Gemiddelde prestasies van proefpersone in denkvlaktoetse en gemiddelde I.K.'s

	Kontrole groep	Eksperimentele groep	Verskil
Subtoets A	8,10	5,38	2,72
Subtoets B	8,52	6,41	2,11
Subtoets C	8,24	6,07	2,17
Subtoets D	7,83	5,69	2,14
Totaal	32,69	23,13	9,56
I.K.	122,28	116,31	5,97

Die volgende waardes is verkry (vgl. par. 5.7):



Tabel 6.2

## Bewerkings vir variansie-analise deur kovariansieverstelling

	TOTAAL	BINNE GROEPE	TUSSEN GROEPE
Som van produkte	$A_t = 866,47$	$A_w = 41,52$	$A_b = 825,95$
Som van vierkante vir X'e	$B_t = 3366,74$	$B_w = 2034,58$	$B_b = 1322,43$
Som van vierkante vir Y's	$C_t = 2816,78$	$C_w = 2298,16$	$C_b = 516,79$
G.V.	57	56	1
$b_{xy}$	0,3076	0,0181	1,598
Aangepaste $\Sigma x^2$	3100,21	2033,73	1066,48
G.V.	56	55	1

$$F(1,55) = 28,84, \quad p < 0,001$$

Dus is begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekundêre skoolfase op 'n laer denkvlak as leerlinge wat goed presteer al is die intelligensie kwantitatief dieselfde.

Interessantheidshalwe kan gemeld word dat met normale variansie-analise 'n F-waarde van 36,4 gevind is en dat die korrelasiekoëffisiënt tussen prestasie in die denkvlaktoets en prestasie in Natuur- en Skeikunde 0,58 is. Die korrelasie kan as besonder hoog beskou word. Dus hoe hoër die denkvlak wat deur die intelligente kind bereik word in die junior-sekundêre skoolfase, hoe beter is die prestasie in Natuur- en Skeikunde. Redelikerwys kan die tendens ook verwag word by leerlinge met I.K. < 108. Ball en Sayre (1974, p. 331-336) het ook gevind dat hoërskoolleerlinge wat nie op die formeel-operasionele denkvlak is nie, laer punte behaal as die leerlinge wat wel op die formele denkvlak is.

Ten spyte van die kwantitatiewe ooreenkoms in die I.K.'s van die eksperimentele en kontrolegroepe (116 gemiddelde I.K. teenoor 122 gemiddelde I.K.) het die kontrolegroep 'n hoër denkvlak bereik soos blyk uit tabel 6.1.

Die eensydige beklemtoning van I.K.-toetse en die groot waarde wat daaraan geheg word, blyk hieruit nie geregverdig te wees nie. Die denkvlak waarop die kind verkeer, moet ook vasgestel word m.b.v. denkvlaktoetse. So sal 'n vollediger beeld van die kind se denk- en verstandsvermoëns verkry word.

Vir goeie prestasie in Natuur- en Skeikunde is formele denke nodig (vgl. par. 4.3). Baie leerlinge skram weg van Natuur- en Skeikunde as vak op skool vanweë vrees vir swak prestasie (vgl. hfst. 1). Kwalitatiewe denkvlaktoetse kan gebruik word om leerlinge te adviseer omtrent hul vakkeuse.

Uit tabel 6.1 blyk verder dat subtoets A die beste gedifferensieer het tussen die eksperimentele en kontrolegroep aangesien die verskil in prestasie tussen die eksperimentele en kontrolegroep in subtoets A die grootste is.

### 6.2.2 Hipotese 2

Hipotese 2 stel dat daar 'n ontwikkeling is in die denke van be- gaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde gedurende die junior-sekondêre skoolfase.

Aangesien daar slegs 3 st. 5-leerlinge in elke groep was, is die st. 5- en st. 6-groep as 'n eenheid beskou. Indien daar wel 'n ontwikkeling in die denke van bg. leerlinge gedurende die junior-sekondêre skoolfase is, sal die st. 7-groep beter vaar as die st. 5- en st. 6-groep in die denkvlaktoetse.

Tabel 6.3

Verskil in gemiddelde prestasies in die eksperimentele groep tussen die st. 7- en st. 5- en 6-groep in die toetse vir formeel-operasionele denke

	Subtoets A	Subtoets B	Subtoets C	Subtoets D	Totaal
St. 7	5,94	6,83	6,33	6,33	25,4
St. 5 + 6	4,45	5,74	4,55	4,64	19,38
Verskil	1,49	1,09	1,78	1,69	6,04
% verskil op st. 5 + 6 prestasie	33,48	18,99	39,12	34,42	31,20

Met variansie-analise is gevind:

$$F(1,26) = 8,1, \quad p < 0,01$$

Hipotese 2 word aanvaar.

In hipotese 1 is aangetoon dat begaafde leerlinge wat swak presteer op 'n laer denkvlak is as die begaafde leerlinge wat goed presteer. As hipotese 2 saam hiermee in gedagte gehou word, blyk dit dat as die begaafde kind wat swak presteer, een jaar later dieselfde leerstof in Natuur- en Skeikunde sou behandel het, sy prestasie aansienlik beter sou wees.

Die eis om individualisering word ook deur hierdie hipotese beklemtoon. Al is kinders ewe oud met dieselfde I.K. hoort hulle nie noodwendig in dieselfde klas of standerd nie.

### 6.2.3 Hipotese 3

Hipotese 3 stel dat daar geen verskil in die mate van bereiking van

formeel-operasionele denke tussen begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde in standerds 5 en 6 en begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde in st. 7 is nie.

Deur 'n analise van die gegewens wil ons probeer vasstel of dit wel die geval is. Uit die eksperiment is die volgende gegewens verkry soos in tabel 6.4 uiteengesit.

Tabel 6.4

Verskil in gemiddelde prestasies in die kontrolegroep tussen die st. 7- en st. 5- en 6-groep in die toetse vir formeel-operasionele denke

	Subtoets A	Subtoets B	Subtoets C	Subtoets D	Totaal
St. 7	7,89	8,56	8,5	7,78	32,73
St. 5 + 6	8,45	8,45	7,87	7,91	32,68
Verskil	-0,56	0,11	0,63	-0,13	0,05
% verbetering op st. 5 + 6 prestasie	-6,56	1,30	8,01	-1,64	0,15

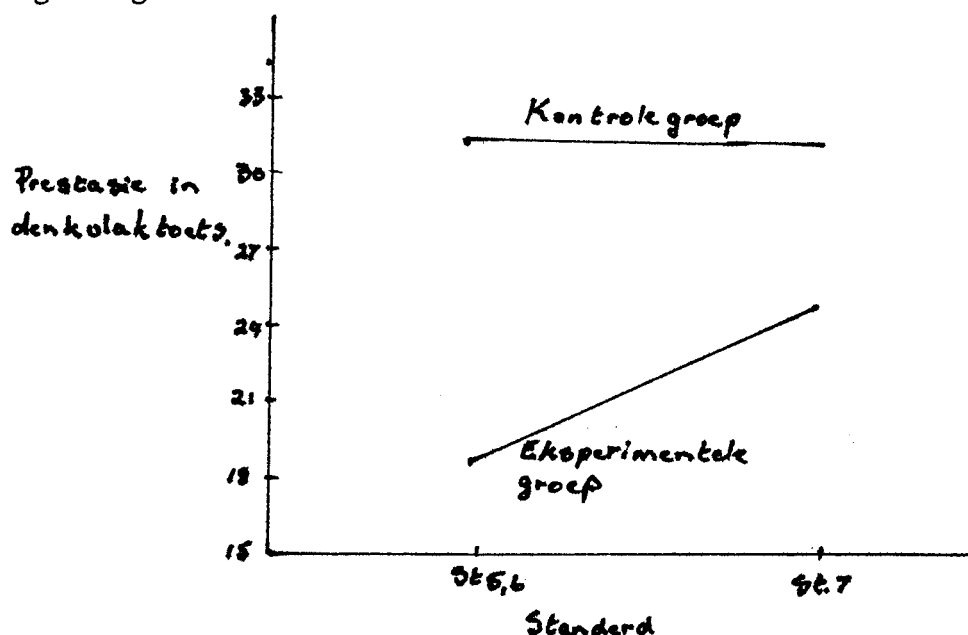
Aangesien die gemiddelde I.K.'s van die st. 5- en 6- en st. 7-groepe aanmerklik verskil het, is daarvoor gekompenseer deur die gegewens d.m.v. kovariansie-analise te verwerk. Deur 'n ewekansige metode is 11 proefpersone uit die st. 7-groep gekies sodat daar in beide groepe eweveel proefpersone is.

Daar is gevind dat  $F(1,19) = 0,53$ ,  $p > 0,05$

Die 5% kritiese waarde van  $F = 4,38$ . Die verskille verkry, is dus heelwaarskynlik bloot toevallig en nie beduidend nie (vgl. tabel 6.4). Dit word dus aanvaar dat st. 5- en 6-leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde, formeel-operasionele denke in dieselfde

mate bereik het as st. 7-leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde.

Grafies kan die resultate van tabelle 6.3 en 6.4 (totaalkolom) soos volg voorgestel word:



Alhoewel daar relatiewe groot vordering gemaak is in die denkwikkeling van die eksperimentele groep vanaf standers 5 en 6 na st. 7, is die denkvlak in st. 7 nog heelwat laer as die denkvlak van die st. 5- en 6-groep binne die kontrolegroep. Die begaafde st. 7-leerling wat swak vaar in Natuur- en Skeikunde is dus nog nie in staat tot die denke van die begaafde st. 6-leerling wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde. Die begaafde st. 6-leerling wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde is dus in staat om st. 7-werk te verrig. Die eis om differensiasie word deur hierdie resultaat beklemtoon. Die denke van begaafde leerlinge in dieselfde standaard kan grootliks verskil.

Begaafde leerlinge, wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde omdat hul nie die vereiste denkvlak bereik het nie, se prestasie kan dus verbeter soos hulle ouer word. Volgens die Piagetaanse teorie is so 'n verbetering aan ouerwording toe te skryf terwyl die behavio-

riste dit aan onderrig en ervaring toeskryf (vgl. hfst. 2).

#### 6.2.4 Samevatting

In hierdie ondersoek is bevind dat begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skool=fase op 'n hoër denkvlak is as begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in dieselfde skoolfase.

Verder is gevind dat die denke van begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde nog ontwikkel gedurende die junior-sekondêre skoolfase. Ten spyte van die ontwikkeling in die denke het st. 7-leerlinge in die groep nog nie dieselfde mate van formeel-operasionele denke bereik as die st. 6-leerling wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde nie.

Met hierdie eerste ondersoek (sover bekend), van die nie-berei=king van formeel-operasionele denke as oorsaak van swak prestasie in die junior-sekondêre skoolfase is veral getoon dat die I.K. nie 'n volledige beeld gee van die denkontwikkeling van die kind nie - daarvoor is denkvlaktoetse nodig.

### 6.3 Opvoedkundige implikasies

#### 6.3.1 Kurrikulum- en sillabussamestelling

Uit die analise van die Natuur- en Skeikunde sillabusse is afgelei dat formele denke nodig is vir insig in Natuur- en Skeikunde in veral standers 6 en 7 (vgl. hfst. 4). Die st. 7-sillabus stel hoër eise aan formeel-operasionele denke as die st. 6-sillabus terwyl die st. 5-sillabus min formele denke verwag vir begrip van die leerstof. Hierdie afleiding word verder bevestig deur die resultate van die ondersoek.

Tabel 6.5

Persentasie begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde (eerste 35 persentiel) in standerds 5, 6 en 7

Standerd	Aantal leerlinge in standerd	Aantal begaafde leerlinge (I.K. $\geq 108$ ) wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde	%
7	220	18	8,2%
6	220	8	3,6%
5	124	3	2,4%

Dit lyk dus hoogs waarskynlik dat in st. 7 meer begaafde leerlinge is wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde as in st. 6, terwyl die minste probleme in die opsig in st. 5 voorkom. Uit die navorsingsresultate blyk dat begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde, nie formeel-operasionele denke in dieselfde mate bereik het as begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde nie (vgl. par. 6.2.1).

Hierdie belangrike navorsingsresultate eis dat kurrikulum- en sillabusbeplanners bewus moet wees van die bestaan van denkstadiums by alle kinders. Die beplanners moet weet wat die beperkinge en moontlike prestasies van die denke in elke stadium is.

Aangesien nie alle mense die formele denkvlak bereik nie en aangesien kinders verskil wat betref die ouderdom waarop die denkstadiums voorkom, is dit moeilik om starre riglyne neer te lê i.v.m. kurrikulum- en sillabussamestelling.

In die algemeen moet egter by die samestelling van sillabusse rekening gehou word met die denkstadiums en ouderdomme waarop dit by die meeste kinders voorkom. Dit sou sinneloos wees om formele

denke van st. 5-leerlinge te verwag terwyl die oorgrote meerderheid van die leerlinge nog in die konkrete denkstadium is. So verklaar Adler (1966, p. 35) dat as die kind oor 'n stelsel konkrete denkhanelinge beskik moet die leerstof van konkrete aard wees. As die formele stadium egter bereik is, is teoretiese werk nie net moontlik nie, maar noodsaaklik.

### 6.3.2 Differensiasie

Uit die ondersoek het geblyk dat selfs wanneer intelligensie by leerlinge kwantitatief dieselfde is, dit nog nie kwalitatief dieselfde is nie (vgl. par. 6.2.1). Sommige leerlinge het formeel-operasionele denke al in 'n groot mate bereik terwyl hul maats met ongeveer dieselfde I.K. en ouderdom nog konkreet-operasioneel dink. Vir die beste onderrigresultate sal die feit dus in ag geneem moet word. Die ideaal in die verband sou wees dat leerlinge wat ewe ver gevorder het in denkontwikkeling saam onderrig moet word. Daar is egter baie probleme verbonde aan so 'n indeling (sosiale aanpassing a.g.v. ouderdomsverskil, gebrek aan gestandaardiseerde denkvlaktoetse, ens.). Elke onderwyser moet egter bewus wees van die bestaan van denkstadiums en poog om individuele leerlinge daarvolgens te beoordeel en te onderrig.

### 6.3.3 Invloed op metode

Leerlinge in die konkrete denkstadium kan hul denke, hoewel verinnerlik, nie losmaak van die konkrete voorwerpe nie (vgl. par. 3.2.1). Die leerstof moet dus op 'n konkrete wyse aan die leerlinge aangebied word. Vir leerlinge op die formele denkstadium moet die werk meer teoreties en abstrak aangebied word. Voldoende geleentheid vir oefening in abstrakte, formele denke moet verskaf word.



#### 6.3.4 Voorspelling van prestasie in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase

In par. 6.2.1 is aangetoon dat begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde op 'n hoër denkvlak is as begaafde leerlinge wat swak presteer. Piaget-tipe denkvlaktoetse soos in hierdie navorsing gebruik, kan gebruik word as 'n hulpmiddel by voorspelling van prestasie in Natuur- en Skeikunde. Vir insig in Natuur- en Skeikunde in st. 6 en st. 7 is formeel-operasionele denke nodig (vgl. hfst. 4). 'n Leerling wat nie formele denke in 'n hoë mate bereik het nie, sal dus nie goed kan presteer in dié vak in standerds 6 en 7 nie.

#### 6.3.5 Moontlike verklaring vir die oorsaak van leerprobleme

Hierdie navorsing bied 'n verklaring vir leerlinge wat leerprobleme in standerds 5 tot 7 ondervind. Onderprestasie van leerlinge kan die gevolg wees van 'n stadige denkontwikkeling. Die kind kan ten spyte van goeie verstandelike vermoëns en harde werk nogtans swak presteer.

#### 6.4 Aanbevelings

- (i) By kurrikulum- en sillabussamestelling moet die bestaan van denkstadiums, elk met sy eie beperkings en moontlike prestasies in gedagte gehou word.
- (ii) Leerlinge moet sover moontlik self die praktiese werk in Natuur- en Skeikunde doen en praktiese werk moet sover moontlik by die lesplan geïmplementeer word. Die konkrete is die vertrekpunt vir die oorgang van die konkrete na die formeel-operasionele denkstadium en dus 'n noodsaaklike voorvereiste. Leerlinge in die konkreet-operasionele denkstadium sal abstrakte werk makliker volg as van die konkrete uitgegaan word. Dit impliseer ook dat die or=

ganisasie van die Natuur- en Skeikunde laboratoriums puik moet wees sodat gereelde, goedbeplande praktika kan plaasvind.

Piaget beklemtoon dit ook dat ware begrip alleen moontlik is as die kind toegelaat word om self ontdekkings te maak. Elke keer as iets te vinnig aan 'n kind geleer word, weerhou dit hom daarvan om die beginsel self te ontdek en te herontdek (Copeland, 1970, p. 22).

- (iii) Onderwysers moet beslis kennis neem van die bestaan van denkstadiums en wat die beperkings en moontlike prestasies van elke stadium is. Begaafde leerlinge kan swak prestasie in sekere vakke lewer omdat hulle 'n agterstand het wat denkontwikkeling betref (vgl. par. 6.2.1). Slegs as die onderwyser bewus is van denkstadiums kan opvoedkundig korrek teenoor so 'n kind opgetree word.
- (iv) Net soos uit Du Toit (1975, p. 138) se ondersoek geblyk het, het hierdie ondersoek ook aangetoon dat die intelligensiesyfer en die kwaliteit van die denke soos weerspieël deur die denkvlaktoetse aanmerklik van mekaar kan verskil. Intelligensiemeting alleen is nie voldoende om 'n beeld te kry van 'n kind se denke en verstandelike vermoëns nie; I.K.-toetse behoort aangevul te word met denkvlaktoetse sodat 'n kwalitatiewe evaluering van die kind se peil van denke verkry kan word.

## 6.5 Moontlikhede vir verdere navorsing

### 6.5.1 Opvolgstudie

Met die ondersoek is bemark dat die kontrolegroep 'n plato bereik t.o.v. die ontwikkeling van formeel-operasionele denke (vgl. par. 6.2.1). By die eksperimentele groep het die st. 5- en 6-groep swakker presteer as die st. 7-groep in die denkvlaktoetse (vgl. par. 6.2.2).

In 'n opvolgstudie kan gepoog word om vas te stel tot watter vlak die denke van die eksperimentele groep met verloop van tyd ontwikkel en of dit op 'n later stadium (st. 8 of 9) die denkvlak van die kontrolegroep bereik.

#### 6.5.2 Gestandaardiseerde Piaget-denkvlaktoetse

Op die oomblik is daar nie gestandaardiseerde Piaget-denkvlaktoetse beskikbaar nie. Dit sou 'n belangrike uitvloeisel van die navorsing wees indien sodanige toetse opgestel kan word. Dit sal navorsing op die gebied van denkontwikkeling 'n groot stimulus gee. Dan sal dit bv. moontlik wees om 'n langtermyn longitudinale studie met 'n groot aantal proefpersone, iets soortgelyk aan Terman se bekende studie oor begaafde kinders, aan te pak.

#### 6.5.3 Statistiek i.s. persentasie leerlinge van 'n bepaalde ouderdom wat 'n sekere denkvlak bereik het.

Vir 'n sinvolle integrasie van kennis oor denkontwikkeling volgens die Piagetaanse teorie is dit nodig om te weet watter persentasie leerlinge in 'n standerd 'n bepaalde denkvlak bereik het, veral hier in Suid-Afrika. Aangesien kulturele en omgewingsinvloede in die denkontwikkeling 'n rol speel sal so 'n ondersoek ten minste afsonderlik vir die verskillende volksgroepe in Suid-Afrika gedoen moet word.

#### 6.6 Moontlike tekortkominge in die ondersoek

- (i) 'n Ewekansige steekproef vir die keuse van proefpersone uit skole deur die hele land sou daartoe gelei het dat die gevolgtrekkings in 'n groter mate veralgemeen kon word.
- (ii) Om praktiese redes is die eksperimentele en kontrolegroepe nie af-

gepaar t.o.v. I.K. nie; die gevolglike verskil in gemiddelde I.K. tussen die twee groepe het die statistiese bewerkings aansienlik bemoeilik aangesien vir die verskil gekompenseer moes word deur gebruikmaking van kovariansie-analise.

### 6.7 Samevatting

Die primêre doel van die ondersoek was om vas te stel of die swak prestasie in Natuur- en Skeikunde van leerlinge met 'n relatiewe hoë I.K. in die junior-sekundêre skoolfase nie toe te skryf is aan die nie-bereiking van die formeel-operasionele denkvlak nie.

Vir die doel van die ondersoek is 58 leerlinge met I.K.  $\geq 108$  in standers 5, 6 en 7 individueel getoets vir die mate van bereiking van formeel-operasionele denke. Die helfte van die proefpersone was dié wat die swakste gevaar het in Natuur- en Skeikunde terwyl die kontrolegroep wat uit die ander 29 proefpersone bestaan het, die beste gevaar het in Natuur- en Skeikunde.

Hierdie eerste ondersoek (sover bekend) in die rigting het beslis aangetoon dat die swak prestasie van begaafde leerlinge in die junior-sekundêre skoolfase in 'n groot mate toe te skryf is aan die nie-bereiking van die formeel-operasionele denkvlak.

Verder het ook geblyk dat begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde, reeds in st. 6 die plato bereik t.o.v. formeel-operasionele denkontwikkeling. St. 6-leerlinge lewer dieselfde prestasie as st. 7-leerlinge in die groep.

Begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekundêre skoolfase se denke ontwikkel nog gedurende die skoolfase, maar bereik nog nie in st. 7 die denkvlak wat deur begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde, in

st. 6 bereik is nie.

Daar moet kennis geneem word van die resultate deur kurrikulum-  
en sillabussamestellers asook deur individuele onderwysers met  
die oog op differensiasie.

## HOOFSTUK 7

### SAMEVATTING

#### 7.1 Doel van die ondersoek

Die doel van die ondersoek was om vas te stel of die swak prestasie van leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase nie toegeskryf kan word aan die nie-bereiking van die formeel-operasionele denkvlak nie, m.a.w. of die verskil in prestasie tussen leerlinge met ongeveer dieselfde I.K. nie daaraan toegeskryf kan word dat die swakker presteerder op 'n laer denkvlak is as die goeie presteerder nie.

#### 7.2 Literatuuroorsig

In hierdie ondersoek is sienings omtrent denkontwikkeling in twee hoofgroepe verdeel.

Die eerste siening omtrent denkontwikkeling is dat die ontwikkeling grootliks afhanklik is van faktore ekstern aan die kind. Denkontwikkeling kan dus aangehelp word. Hierdie siening word veral deur die behavioriste gehuldig.

Die ander siening omtrent denkontwikkeling is die van die genetiese epistemologie dat denkontwikkeling hoofsaaklik deur interne faktore bepaal word. Denkontwikkeling kan dus eintlik nie van buite af aangehelp word nie.

Piaget as verteenwoordiger van lg. rigting het deur 'n reeks vindingryke dog onortodokse eksperimente aangetoon dat in die kind se denkontwikkeling daar bepaalde denkstadiums voorkom, elk met sy eie pres-

tasies maar ook tekortkomings.

Die kind in die junior-sekundêre skoolfase bevind hom wat sy denke betref in of êrens tussen die konkreet-operasionele denkstadium en formeel-operasionele denkstadium. Die denke in die konkrete denkstadium word veral daardeur gekenmerk dat denkhandelinge net op konkrete voorwerpe uitgevoer kan word terwyl daar in die formeel-operasionele denkstadium hipoteties-deduktief gedink kan word.

Naas die vermoë tot hipoteties-deduktiewe denke is die vermoë om kombinasies te vorm, die belangrikste eienskap van formeel-operasionele denke. Die kombineringsvermoë stel die kind in staat om in 'n eksperimentele situasie 'n klomp veranderlikes konstant te hou terwyl slegs een faktor verander word om so sy invloed te bepaal.

Formeel-operasionele denke word formeel gekarakteriseer deur die groepeienskappe daarvan asook die tralie-struktuur en word graag beskryf in terme van die sg. viergroep of INRC-sisteem en die 16 binêre denkhandelinge.

### 7.3      Analise van die Natuur- en Skeikunde-sillabusse in die junior-sekundêre skoolfase.

Bg. sillabusse is ontleed volgens vereistes daaraan gestel deur formeel-operasionele denke. Daar is gevind dat die standaard 5 - sillabus sterk op die konkrete gebaseer is, terwyl die eise aan formele denke gestel in st. 6 aansienlik groter is. In st. 7 word nog groter eise aan formele denke gestel en 'n leerling wat nog nie die denkvlak in st. 7 bereik het nie, sal geen insig in baie afdelings van die leerstof hê nie.

#### 7.4 Empiriese navorsing

Die ondersoek was daarop gerig om uit te vind waarom sommige leerlinge swak vaar in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase ten spyte van goeie verstandelike vermoëns soos weer=spieël deur die I.K..

Afrikaanssprekende leerlinge met 'n relatiewe hoë I.K. in die junior-sekondêre skoolfase van 'n groot plattelandse sekondêre skool en sy grootste voedingskool is by die ondersoek betrek. Hoë I.K. is in die geval gedefinieer as die boonste 35 persentiel van die 564 leerlinge in die betrokke skoolfase. Dit het toe geblyk dat leerlinge met 'n I.K.  $\geq 108$  in die boonste 35 persentiel is. Swak prestasie is beskou as die onderste 35 persentiel van die prestasies in Natuur- en Skeikunde in elke afsonderlike standaard. Daar het geblyk dat volgens die norme 3 uit 124 st. 5-leerlinge (2,4%), 8 uit 220 st. 6-leerlinge (3,6%) en 18 uit 220 st. 7-leerlinge (8,2%) swak presteer het terwyl hul oor hoë I.K.'s beskik.

As kontrolegroep is die 3 st. 5-leerlinge, 8 st. 6-leerlinge en 18 st. 7-leerlinge geneem wat in hul standerds die heel beste presteer het. Al die leerlinge se I.K.'s was  $\geq 108$ . Die gemiddelde ouderdomme van die eksperimentele en kontrolegroepe het met minder as 2% verskil en dit is aanvaar dat die ouderdomsverskil geen wesenlike invloed op die prestasies het nie.

Vier toetse is gebruik om die mate van bereiking van formeel-operasionele denke te toets.

Aspekte van formeel-operasionele denke wat getoets is, is

- \* die kombineringsienskap, (skakelaar-eksperiment wat 'n aanpassing is van Piaget se kleurlose-vloeistowwe-eksperiment),
- \* vermoë om 'n klomp veranderlikes konstant te hou terwyl een gewissel word om so sy invloed te bepaal (stafies-eksperiment),



- \* vermoë om verhoudings te ontdek (eenvoudige balans-eksperiment) en
- \* vermoë tot uitsluiting (pendulum eksperiment).

Al die eksperimente toets afgesien van bogenoemde eienskappe in 'n mindere of meerdere mate die kombinerings-eienskap, INRC-sisteen, die 16 binêre denkhandelinge en die traliestruktuur van denke.

Die toetse is individueel afgeneem en van die response van elke leerling is rekord gehou vir latere deeglike evaluering op 'n tienpuntskaal.

Aangesien die gemiddelde I.K.'s van die eksperimentele en kontrolegroep verskil het (116 teenoor 122) is van kovariansie-analise gebruik gemaak om vas te stel of die verskille beduidend is.

### 7.5 Navorsingsresultate

Die ondersoek het die volgende aan die lig gebring t.o.v. leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase;

- (i) Swak prestasie in Natuur- en Skeikunde deur begaafde leerlinge in die junior-sekondêre skoolfase is in 'n groot mate toe te skryf aan die nie-bereiking van die formeel-operasionele denkvlak.
- (ii) Begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde het reeds in st. 6 die plato bereik t.o.v. ontwikkeling van formeel-operasionele denke.
- (iii) Daar bestaan 'n afplating in die ontwikkeling van formeel-operasionele denke so vroeg as st. 6 by begaafde kinders wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde en 'n ontwikkeling in die denke

van begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde in die junior-sekondêre skoolfase. Ten spyte daarvan is lg. groep in standerd 7 nog ver agter eg. groep wat ontwikkeling van formele denke betref.

- (iv) Al is daar 'n kwantitatiewe ooreenkoms in intellektuele begaafdheid, verskil leerlinge tog t.o.v. vlak van denke.

#### 7.6 Implikasies en aanbevelings

Die bestaan van stadiums met vaste opeenvolging in die denkontwikkeling van die kind, elk met sy eie beperkings en prestasies; tesame met die resultaat van die ondersoek het besliste implikasies vir die onderwys.

- (i) Kurrikulum- en sillabussamestellers moet die beperkings van elke denkstadium in gedagte hou sodat die onmoontlike nie van leerlinge verwag word nie.
- (ii) Praktiese werk moet sover moontlik deur die leerlinge self gedoen word om die oorgang van die konkrete na die formele denkstadium aan te help.
- (iii) Onderwysers moet bewus wees van die bestaan van stadiums in die denkontwikkeling van elke kind om sinvol te kan individualiseer in die klaskamer.
- (iv) Leerprobleme in standerds 5 tot 7 kan die gevolg wees van stadige denkontwikkeling. Sommige begaafde leerlinge het die formele denkvlak nog nie in st. 7 bereik nie en kan ten spyte van pligsgetrouheid en konsentrasie nie sommige van die werk begryp nie omdat die werk formele denke vereis.
- (v) I.K. en kwaliteit van denke verskil aanmerklik van mekaar. Vir 'n vollediger beeld van 'n kind se verstands- en denkvermoëns op

'n sekere stadium behoort I.K. toetse aangevul te word met denkvlaktoetse sodat 'n kwalitatiewe evaluering van die kind se denkpeil gemaak kan word.

### 7.7 Moontlikhede vir verdere navorsing

- \* Opvolgstudies met soortgelyke groepe proefpersone op hoër ouderdomme en in ander standerds (sê 12 en 24 maande ouer as die groepe in die studie) kan onderneem word. Dit behoort 'n antwoord te verskaf op die vraag of begaafde leerlinge wat swak presteer in Natuur- en Skeikunde op 'n later stadium tot dieselfde mate formeel-operasionele denke bereik as wat begaafde leerlinge wat goed presteer in Natuur- en Skeikunde, dit in st. 6 bereik. 'n Soortgelyke ondersoek aan hierdie op ewekansige steekproefbasis kan met meer proefpersone onderneem word sodat die resultate in groter mate veralgemeen kan word.
- \* Gestandaardiseerde Piaget denkvlaktoetse kan ontwerp word. Beskikbaarstelling van sodanige toetse behoort navorsing oor denkvlakontwikkeling aansienlik te vergemaklik en te stimuleer.
- \* Statistiek insake die persentasie leerlinge van 'n bepaalde ouderdom wat 'n sekere denkvlak bereik het kan opgestel word. Sodanige statistiek kan vir sillabussamestellers en onderwysers van groot nut wees omdat die moontlike denkprestasies asook beperkings van die meerderheid van die leerlinge in 'n standerd in ag geneem kan word.
- \* Longitudinale studies oor denkontwikkeling volgens die Piagetaanse model van leerlinge vanaf geboorte tot volwassenheid en selfs later kan heelwat nuwe gegewens omtrent denkontwikkeling na vore bring.

## SUMMARY

The aim of this study was to determine whether the underachievement of pupils in science is due to the fact that the pupils have not reached the phase of formal thinking. The question is whether the difference in achievement in science of pupils with the same I.Q. can be attributed to the fact that the underachiever is on a lower cognitive level than the better achiever.

The child in the junior secondary school phase is in or somewhere between the phase of concrete operational thinking or phase of formal operational thinking.

An analysis of the syllabi in the junior secondary school phase showed that formal operational thinking is required of pupils especially in standard 7.

In this research the population was defined as the Afrikaans-speaking pupils in the junior secondary school phase of the schools in a big town. The experimental group consisted of pupils with I.Q.  $\geq 108$  with low marks in science while the control group consisted of pupils with I.Q.  $\geq 108$  who did well in science.

In this study 58 pupils were tested individually with 4 tests of formal thinking namely the switches-test (an adaption of the combinations of coloured and colourless chemical bodies-test), equilibrium in the balance, flexibility of rods and the oscillation of a pendulum.

A significant difference was found between the experimental and control groups. ( $F = 28,84$ ,  $p < 0,001$ ).

This study proved the following:

- (i) Gifted pupils in the junior secondary school phase with poor marks in science haven't reached the level of formal thinking to the same degree as gifted pupils with good marks in science.
- (ii) Gifted children in standard 6 who did well in science had already reached a plateau with regard to the development of formal thinking.
- (iii) Pupils differ with regard to the level of cognitive development regardless of having the same I.Q. and age.

The above conclusions have the following implications for didactics: -

The curricula and syllabi must be combined in such a way that formal thinking is not expected of the child before he is capable of it.

Every teacher must try to individualize his teaching methods in order to make provision for differences in the cognitive levels of the pupils in his class.

## AANGEHAALDE LITERATUUR

- ADLER, I. 1966. Mental growth and the art of teaching. The arithmetic teacher, 13: 576-584.
- AUSUBEL, D.P. 1964. The transition from concrete to abstract cognitive functioning: Theoretical issues and implications for education. Journal of research in science teaching, 2 : 168-267.
- BALL, D.W. en SAYRE, S.A. 1974. Piaget and the secondary science teacher. School science and mathematics, 74 : 331-336.
- BART, A.M. en AIRASIAN, P.W. 1974. Determination of the ordering among seven Piagetian tasks by an ordering-theoretic method. Journal of educational psychology, 66 : 277-284.
- BOYLE, D.G. 1966. A student's guide to Piaget. London, Pergamon Press. 156 p.
- BRUNER, J.S. 1965. The growth of the mind. American psychologist, 20 : 1007 - 1017.
- BUELL, R.R. en BRADLEY, GERTRUDE A. 1972. Piagetian studies in science: Chemical equilibrium understanding from a study of solubility : A preliminary report from secondary school chemistry. Science education, 56 : 23-29.
- CASE, R. 1973. Piaget's theory of child development and its implications. Phi delta kappan, 10 : 20-25.
- COPELAND, R.W. 1970. How children learn mathematics: Teaching implications of Piaget's research. London, MacMillan. 310 p.
- CRONBACH, L.J. 1964. Learning research and curriculum development. Journal of research in science teaching, 2 : 168-267.
- DEPARTEMENT VAN STATISTIEK. 1964 - 1972. Suid-Afrikaanse statistieke. Pretoria.
- DUCKWORTH, ELEANOR. 1964. Piaget rediscovered. Journal of research in science teaching, 2 : 168-267.

- DU TOIT, P.J.S. 1975. Die onvoltooide bereiking van die konkreet-operasionele denkvlak as oorsaak van leerprobleme in wiskunde in die primêre skool. Verhandeling M.Ed. Potchefstroom, P.U. vir C.H.O..
- EASLEY, J.A. jr. 1964. Comments on the INRC-group. Journal of research in science teaching, 2 : 168-267.
- ELKIND, D. 1970. Children and adolescents - interpretive essays on Jean Piaget. London, Oxford University Press. 160 p.
- EVANS, R.I. 1973. Jean Piaget - the man and his ideas. New York, E.P. Dutton. 189 p.
- FLAVELL, J.H. 1963. The developmental psychology of Jean Piaget. Princeton, D. van Nostrand. 446 p.
- FREUDENTHAL, H. 1973. Mathematics as an educational task. Dordrecht, D. Reiter. 680 p.
- FURTH, H.G. 1969. Piaget and knowledge. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. 270 p.
- GASKELL, D.C. 1973. Levels of conceptual difficulty. The school science review, 55 : 374-8.
- GINSBURG, H. en OPPER, S. 1969. Piaget's theory of intellectual development - an introduction. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. 237 p.
- GREEN, D.R., FORD, M.P. en FLAMER, G.B. 1971. Measurement and Piaget. Johannesburg, McGraw-Hill. 283 p.
- HELMORE, G.A. 1969. Piaget - a practical consideration. Oxford, Pergamon Press. 73 p.
- HYDE, D.G.M. 1970. Piaget and conceptual development with a crosscultural study of number and quantity. London, Rinehart & Winston. 246 p.
- INHELDER, B. en PIAGET, J. 1958. The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York, Basic Books. 356 p.
- INHELDER, B. en PIAGET, J. 1969. The psychology of the child. London, Routledge & Kegan Paul. 173 p.
- LAWRENCE, J.W., BYNUM, T.W., THOMAS, J.A. en STEGER, J.A. 1973. Piaget's system of 16 binary operations : An empirical investigation. The journal of genetic psychology, 123 :

279- 284.

- MCCORMACK, A.J. en BYBEE, R.W. 1971. Piaget and the training of elementary science teachers : Theory into practice. Science education, 55 : 233-240.
- MCNALLY, D.W. 1974. Piaget, education and teaching. Sussex, New Educational Press. 171 p.
- MCNEMAR, Q. 1949. Psychological statistics. New York, John Wiley. 364 p.
- MONTADA, L. 1970. Die Lernpsychologie Jean Piagets. Stuttgart, Ernst Klett. 253 p.
- MURRAY, F.B. ed. 1974. Critical features of Piaget's theory of the development of thought. New York, MSS Information Corporation. 196 p.
- PHILLIPS, J.L. jr. 1969. The origins of intellect : Piaget's theory. San Francisco, Freeman and Company. 149 p.
- PIAGET, J. 1956. Logic and psychology. Manchester, Manchester University Press. 48 p.
- PIAGET, J. 1973. The child and reality. New York, Grossman Publishers. 182 p.
- PIAGET, J. 1953. The origin of intelligence in the child. London, Routledge and Kegan Paul. 425 p.
- QUENOUILLE, M.H. 1952. The design and analysis of experiments. London, Charles Griffen and Company. 355 p.
- RAVEN, R.J. 1973. The development of a test of Piaget's logical operations. Science education, 57 : 377-385.
- RENNER, J.W. en LAWSON, A.E. 1973. Promoting intellectual development through science teaching. Physics teacher 11 : 273-276.
- ROCKCASTLE, V.N. 1964. Looking back at the conference. Journal of research in science teaching. 2 : 252.
- ROHWER, D.R. jr., AMMON, P.R. en CRAMER, P. 1974. Understanding intellectual development: Three approaches to theory and practice. Illinois, The ryden Press. 429 p.
- SHANTZ, C.U. en SIGEL, I.E. 1967. Logical operations and concepts of conservation in children - a training study. U.S. Department of Health, Education and Welfare, 45 p.



- SHAYER, M. 1970. How to assess science courses. Education in chemistry. 7 : 192-5.
- SIEGEL, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York, McGraw-Hill. 312 p.
- SIGEL, I.E. en HOOPER, F.H. 1969. Logical thinking in children. Research based on Piaget's theory. New York, Holt, Rinehart and Winston. 541 p.
- SULLIVAN, E.V. 1970. Piaget and the school curriculum - a critical appraisal. The Ontario institute for studies in education. 38 p.
- TRANSVAALSE ONDERWYSDEPARTEMENT. 1972. Sillabus vir algemene wetenskap (afdeling Natuur- en Skeikunde). Standaard 5, 6 en 7. Pretoria, Staatsdrukker. 38 p.
- VAN ZYL, P.J. 1974. Klassifikasievermoë van die vier- tot agtjarige kind - 'n psigologies-opvoedkundige ontleding. D.Ed.-proefskrif. Potchefstroom, P.U. vir C.H.O. 321 p.
- WOOD, V.C. 1958. The shortage of scientists and technologists. Burning problem of our age. (S.pl.,). 36 p.