

Th.J.M. Smits

Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek

Een studie naar de ontwikkeling en het
resultaat van een scholing voor docenten



Katholieke Universiteit Nijmegen

Onder redactie van:

P.L. Lijnse
A. Treffers
W. de Vos
A.J. Waarlo

1. Didactiek in Perspectief - P.L. Lijnse, W. de Vos, eds.
2. Radiation and Risk in Physics Education - H.M.C. Eijkelhof
3. Natuurkunde-onderwijs tussen Leefwereld en Vakstructuur - R.F.A. Wierstra
4. Een Onverdeeldbare Eenheid - M.J. Voegelzang
5. Betrokken bij Evenwicht - J.H. van Driel
6. Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic particles: A Central Problem in Secondary Science Education - P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, A.J. Waarlo, eds.
7. Kwaliteit van Kwantiteit - H.E. Elzenga
8. Interactieve Video in de Nascholing Reken-wiskunde - F. van Galen, M. Dolk, E. Feijs, V. Jonker, N. Ruesink, W. Uittenbogaard
9. Realistic Mathematics Education in Primary Schools - L. Streefland, ed.
10. Ontwikkeling in Energieonderwijs - A.E. van der Valk
11. Methoden in het Reken-wiskundeonderwijs - K. Gravemeijer, M. van den Heuvel-Panhuizen, G. van Donselaar, N. Reusink, L. Streefland, W. Vermeulen, E. te Woerd, D. van de Ploeg
12. De Volgende Opgave van de Computer - J. Zuidema en L. van der Gaag
13. European Research in Science Education - P.L. Lijnse, ed.
14. Realistic Mathematics Education - K. Gravemeijer
15. De Grafische Rekenmachine in het Wiskundeonderwijs - L.M. Doorman, P. Drijvers, M. Kindt
16. Making sense - Simulation-of-Research in Organic Chemistry Education - H. van Keulen
17. Perspectives on Research in Chemical Education - O. de Jong, P.H. van Roon, W. de Vos, eds.
18. A Problem-Posing Approach to Teaching the Topic of Radioactivity - C.W.J.M. Klaassen
19. Assessment and Realistic Mathematics Education - M. van den Heuvel-Panhuizen
20. Teaching structures in chemistry - An Educational Structure for Chemical Bonding - G.M. van Hoeve-Brouwer
21. Regulatie en homeostase als onderwijsthema: een biologie-didactisch onderzoek - J. Buddingh'
22. Over Natuurkundedidactiek, Curriculumontwikkeling en Lerarenopleiding - P.L. Lijnse en T. Wubbels
23. Integratie en Toepassing van Biologische Kennis - Ontwikkeling en Onderzoek van een Curriculum rond het thema 'Lichaamsprocessen en Vergift' - H. Roebertsen
24. Het thema 'reproductie' in het schoolvak biologie - P.C.F. Reygel
25. Teaching Electrochemical Cells - A study on Teachers Conceptions and Teaching Problems in Secondary Education - J.J.C. Acampo
26. The role of Context and Models in the Development of Mathematical Strategies and Procedures - K. Gravemeijer
27. Thermodynamica leren onderwijzen - W.H. Kaper
28. Interessegeoriënteerd Natuur- en Scheikundeonderwijs - Een studie naar onderwijsontwikkeling op de Open Schoolgemeenschap Bijlmer - R. Genseberger
29. Flexibilization of mental arithmeticsstrategies on a different knowledge base - The empty number line in a realistic versus gradual program design - A.S. Klein
30. A Problem Posing Approach to Teaching an Initial Particle Model - M.J. Vollebregt
31. Met het oog op integratie - Een studie over integratie van leerstof uit de

natuurwetenschappelijke vakken in de tweede fase van het voortgezet onderwijs - C. Beefink

32. Verschillen tussen meisjes en jongens bij het vak rekenen-wiskunde op de basisschool - Eindrapport MOOJ-onderzoek - M. van den Heuvel-Panhuizen en H.J. Vermeer
33. Van vormleer naar realistische meetkunde - Een historisch-didactisch onderzoek van het meetkundeonderwijs aan kinderen van vier tot veertien jaar in Nederland gedurende de negentiende en twintigste eeuw - E.W.A. de Moor
34. Ontwerpend leren in het biologieonderwijs. Uitgewerkt en beproefd voor immunologie in het voortgezet onderwijs - F.J.J.M. Janssen
35. Natuur in pluralistisch perspectief; Theoretisch kader en voorbeeldlesmateriaal voor het omgaan met een veelheid aan natuurbelden - M. Margadant-van Arcken en C.S. van den Berg
36. Duurzaamheid als leergebied; Conceptuele analyse en educatieve uitwerking - S. Lijmbach, M. Broens en D. Hovinga i.s.m. M. Margadant-van Arcken
37. A problem-posing approach to teaching decision making about the waste issue - J. Kortland
38. Teaching for Scientific Literacy: Context, Competency, and Curriculum - O. de Jong, E.R. Savelsbergh en A.H. Alblas
39. Met sprongen vooruit. Een productief oefenprogramma voor zwakke rekenaars in het getallengebied tot 100 - een onderwijsexperiment - J.J.M. Menne
40. A gateway to numeracy. A study of numeracy in adult basic education - M. van Groenestijn
41. Reinvention of early algebra. Developmental research on the transition from arithmetic to algebra - B.A. van Amerom
42. Education in Israel on collaborative management of shared water resources - M. Dressler
43. Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy - M.C.P.J. Knippels
44. Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek. Een studie naar de ontwikkeling en het resultaat van een scholing voor docenten - Th.J.M. Smits

Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek

Een studie naar de ontwikkeling en het resultaat van een scholing voor docenten

‘Wetenschap is niet de koninklijke weg tot de waarheid. Wetenschap is niet bij uitstek objectief en brengt niet noodzakelijkerwijs het beste in de mens naar boven. Wetenschap is van menselijke makelij en komt tot stand als mensen samen proberen hun ervaring van de natuur te begrijpen.’

(Joseph Schwartz (1993). *Het creatieve moment*. Amsterdam: Prometheus)

Smits, Theodorus Johannes Maria

Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek: een studie naar de ontwikkeling en het resultaat van een scholing voor docenten / Th.J.M. Smits - Utrecht: Cd-β Press, Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht (Cd-β Wetenschappelijke Bibliotheek, nr. 44).

Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen - Met lit.opg.-Met samenvatting in het Engels. ISBN 90-73346-51-7

Trefw.: leerlingonderzoek/onderzoekskwaliteit/natuurkundendidactiek/basisvorming/scholing

Druk: Ipskamp Enschede

Copyright: Theo Smits, Overasselt 2003

Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek

Een studie naar de ontwikkeling en het resultaat van een scholing voor docenten

Een wetenschappelijke proeve
op het gebied van de Natuurwetenschappen,
Wiskunde en Informatica

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Katholieke Universiteit Nijmegen
op gezag van de Rector Magnificus prof. dr. C.W.P.M. Blom,
volgens besluit van het College van Decanen
in het openbaar te verdedigen
op woensdag 22 januari 2003
des namiddags om 3.30 uur precies

door

Theodorus Johannes Maria Smits

geboren op 24 augustus 1948
te Ulf

Promotoren: Prof. dr. P.L. Lijnse (UU)
Prof. dr. Th.C.M. Bergen

Leden manuscriptcommissie:

Prof. dr. J.J.H. van den Akker (UT)
Prof. dr. H.M.C. Eijkelhof (UU)
Prof. dr. S.J. de Jong

Voor Daan en Sofie

INHOUDSOPGAVE

H1	ACHTERGRONDEN EN PROBLEEMSTELLING	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Leerlingonderzoek en onderwijsbeleid	3
1.2.1	Inleiding	3
1.2.2	De eerste discussies	3
1.2.3	Op weg naar leerlingonderzoek in het examenprogramma	5
1.2.4	Recente ontwikkelingen	7
1.3	Leerlingonderzoek en onderwijspraktijk	9
1.4	Validiteit en betrouwbaarheid als kwaliteitsaspect	12
1.5	De opbouw van deze studie	14
H2	LEREN ONDERZOEKEN MET KWALITEIT	15
2.1	Inleiding	15
2.2	Kwaliteitscriteria voor leerlingonderzoek	15
2.2.1	Practicum en leerlingonderzoek	15
2.2.2	De wetenschappelijke methode en leerlingonderzoek	17
2.2.3	Het onderwijzen van wetenschappelijke processen	19
2.2.4	De PACKS-benadering	24
2.2.5	Criteria voor onderzoek met kwaliteit	27
2.2.6	Conclusies	29
2.3	Een didactiek voor leren onderzoeken	29
2.3.1	Inleiding: een didactisch raamwerk	29
2.3.2	Opvattingen over leren en onderwijzen	30
2.3.3	Doelen en inhoud van leren onderzoeken	31
2.3.4	Beginsituatie van de leerlingen	31
2.3.5	Vormgeving: structureren van activiteiten en werkvormen	34
2.3.6	Wijze van evalueren	38
2.4	Samenvattende conclusies	40
H3	HET LEREN DOOR DOCENTEN	43
3.1	Inleiding	43
3.2	Professionele ontwikkeling van docenten	43
3.2.1	De kennisbasis van docenten	44
3.2.2	Opvattingen van docenten	45
3.2.3	Conclusies	46
3.3	Het ondersteunen van het leren van docenten	47
3.3.1	Inleiding	47
3.3.2	Manieren van scholing	47

3.3.3	Coaching	50
3.3.4	Conclusies	52
3.4	Opzet van een scholingsdidactiek	53
3.4.1	Inleiding	53
3.4.2	Opvattingen over leren en onderwijzen	53
3.4.3	Doelen en inhouden van de scholing	53
3.4.4	Beginsituatie van de docenten	54
3.4.5	De vormgeving van de scholing	57
3.4.6	Evaluatie	59
3.5	Samenvattende conclusies	59
H4	HET ONDERZOEKSDESIGN	61
4.1	Inleiding	61
4.2	Aard van het onderzoek	61
4.2.1	Gekoppelde leerprocessen	61
4.2.2	Ontwikkelingsonderzoek	62
4.3	Opzet van het onderzoek	64
4.3.1	Onderzoeksfasering	64
4.3.2	Het zoeken van docenten voor de scholing	65
4.3.3	De fasering van het scholingsprogramma	66
4.4	Beschrijving van de participanten en hun school	68
4.5	Onderzoeksvragen en dataverzameling	69
4.5.1	De onderzoeksvragen	69
4.5.2	Dataverzameling, analyse en rapportage	70
H5	DE VOORBEREIDING VAN HET ONDERWIJS	75
5.1	Inleiding	75
5.2	Onderzoeksvragen, databronnen en analyse	75
5.3	De onderwijspraktijk	76
5.3.1	Inleiding	76
5.3.2	Een beschrijving van de onderwijspraktijk	77
5.3.3	Conclusie	80
5.4	De voorbereidingsfase	83
5.4.1	Inleiding	83
5.4.2	Introductie van de scholing	84
5.4.3	Doelen en inhouden	85
5.4.4	Vormgeving	91
5.4.5	Begeleiding en beoordeling	93

5.5	De nieuwe opzet van het leerlingonderzoek	96
5.6	Samenvattende conclusies	98
5.7	Reflectie op de scholingsdidactiek	100
H6	DE ONDERWIJSUITVOERING	103
6.1	Inleiding	103
6.2	Onderzoeksvragen, opzet en analyse	103
6.3	De eerste ronde leerlingonderzoek	106
6.3.1	Uitvoering eerste ronde	107
6.3.2	Nabespreking eerste ronde en voorbespreking tweede ronde	111
6.3.3	Tussenevaluatie	120
6.4	De tweede ronde leerlingonderzoek	124
6.4.1	Uitvoering tweede ronde	124
6.4.2	Nabespreking tweede ronde	125
6.4.3	Tussenevaluatie	131
6.5	De derde ronde leerlingonderzoek	134
6.5.1	Voorbespreking derde ronde	134
6.5.2	Uitvoering derde ronde	139
6.5.3	Nabespreking derde ronde en voorbespreking vierde ronde	142
6.5.4	Tussenevaluatie	148
6.6	De vierde ronde leerlingonderzoek	151
6.6.1	Uitvoering vierde ronde	151
6.6.2	Nabespreking vierde ronde en voorbespreking vijfde ronde	153
6.6.3	Tussenevaluatie	155
6.7	De vijfde ronde leerlingonderzoek	157
6.8	Conclusie en discussie	159
H7	DE EVALUATIE VAN DE SCHOLING	163
7.1	Inleiding	163
7.2	Onderzoeksvragen, opzet en data	164
7.3	De waardering van de scholing	165
7.3.1	De percepties van de docenten t.a.v. de waardering van de scholing	166
7.3.2	Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de waardering van de scholing	169
7.4	Het geleerde	170
7.4.1	De percepties van de docenten t.a.v. het geleerde	171
7.4.2	Conclusies en kanttekeningen t.a.v. het geleerde	174
7.5	De toepassing van het geleerde	176
7.5.1	De percepties van de docenten over hun onderwijs	176

7.5.2	Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de toepassing van het geleerde	179
7.6	Resultaten	180
7.6.1	Inleiding	180
7.6.2	De percepties van de docenten t.a.v. de ontwikkeling bij de leerlingen ...	181
7.6.3	Analyse van de leerlingverslagen	182
7.6.4	Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de resultaten bij de leerlingen	184
7.7	Samenvatting	186

H8 CONCLUSIES, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN 189

8.1	Inleiding	189
8.2	De conclusies in het licht van de onderzoeksvraag	189
8.2.1	De kwaliteit van leerlingonderzoek	190
8.2.2	Onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek ..	191
8.2.3	De scholing van docenten zoals door ons ontwikkeld	194
8.2.4	De conclusies samengevat	197
8.3	Aanbevelingen	198
8.3.1	Aanbevelingen voor de didactiek van leren onderzoeken	198
8.3.2	Aanbevelingen voor de scholingsdidactiek	201
8.4	Discussie over de kwaliteit van dit onderzoek	203
8.4.1	Betrouwbaarheid en validiteit	203
8.4.2	Enkele kanttekeningen bij deze studie	205
8.5	Suggesties voor vervolgonderzoek	206
8.6	Slotwoord	207

LITERATUUR 209

BIJLAGEN 229

Bijlage 2.1	De 'concepts of evidence'	230
Bijlage 5.1	Het PEO-formulier	231
Bijlage 5.2	De natuurwetenschappelijke methode volgens Natuurkunde Overal	232
Bijlage 5.3	Het werkblad	233
Bijlage 6.1	De definitieve onderzoeksvragen	235
Bijlage 6.2	De profielen	240
Bijlage 6.3	De leerlingenquête	241
Bijlage 6.4	De NVON-lijst met beoordelingscriteria	246
Bijlage 6.5	Verslag	247
Bijlage 6.6	De criteria voor validiteit en betrouwbaarheid	249

Bijlage 6.7	Het beoordelingsmodel	250
Bijlage 6.8	Opdracht onderzoeksvragen	251
Bijlage 6.9	Het beoordelingsformulier (versie 1)	252
Bijlage 6.10	Aandachtspunten presentatie	253
Bijlage 6.11	Het beoordelingsformulier (versie 2)	254
Bijlage 6.12	Het lesmateriaal	255
Bijlage 7.1	Evaluatie: interviewleidraad	263
Bijlage 8.1	Een probleemstellende, niveau-gestructureerde didactische structuur	270

SUMMARY	271
----------------------	------------

DANKWOORD	279
------------------------	------------

CURRICULUM VITAE	281
-------------------------------	------------

Daan (6 jaar): 'Waar zit allemaal zwaartekracht aan?'

Papa (47 jaar): 'Aan alles'.

Daan: 'Niet aan kleine LEGO's want dat kun je heel hoog in de lucht gooien'.

1

ACHTERGRONDEN EN PROBLEEMSTELLING

1.1 INLEIDING

Sinds de invoering in 1989 van de zogenaamde 'keuzeopdracht' in het examenprogramma natuurkunde is deze door veel leerlingen ingevuld met het opzetten en uitvoeren van een eigen onderzoek¹ (van Haren, 1993; Schimmel & Payens, 1995). Onder zo'n leerlingonderzoek wordt een praktische opdracht verstaan, waarvoor gedetailleerde instructies ontbreken. Dus in plaats van een recept te volgen, zal de leerling (of een groep leerlingen) beslissingen moeten nemen over de te gebruiken apparatuur, welke metingen moeten worden gedaan, en op welke wijze deze metingen moeten worden geïnterpreteerd om een (in de regel door henzelf bedachte) vraag te beantwoorden (vgl. Millar, 1999).

Het doen van onderzoek door leerlingen moet gezien worden in de brede context van doelen voor het natuurwetenschappelijke onderwijs. Hoewel deze doelen mondiaal gezien regelmatig in discussie zijn (zie bijvoorbeeld Woolnough, 1983; Tamir, 1989; Hodson, 1993; Millar & Osborne, 1999) bestaat er wereldwijde consensus over de opvatting dat natuurwetenschappelijk onderwijs leerlingen niet alleen vakinhouden (feiten, wetten en begrippen) dient bij te brengen, maar ook kennis en vaardigheden met betrekking tot het doen van onderzoek (Boud e.a., 1989; Millar e.a., 1994; Lubben & Millar, 1996; Gabel, 1994; Fraser & Tobin, 1998).

In Nederland werd bij de revisie van de examenprogramma's voor de exacte vakken in het kader van de Vernieuwde Tweede Fase in aansluiting op deze ontwikkelingen als één van de algemene doelstellingen geformuleerd: 'Leerlingen verwerven kennis van en inzicht in de beginselen van de methoden waarmee binnen de natuurwetenschappen kennis verzameld kan worden en kunnen hun kennis en vaardigheden in deze vakken gebruiken om nieuwe kennis

¹Andere gangbare benamingen voor deze activiteit zijn: open onderzoek, eigen onderzoek, (zelfstandige) onderzoeksopdracht, onderzoekspracticum, en EXO (Eigen eXperimenteel Onderzoek).

op te doen en/of nieuwe vaardigheden te ontwikkelen' (Stuurgroep Profiel Tweede Fase, 1995). Vanaf september 1999 is onderzoek doen door leerlingen in de vorm van het profielwerkstuk² een verplicht onderdeel van het schoolexamen³ (Gravenberch, 1996). Het 'verwerken van kennis van en inzicht in de beginselen van de methoden waarmee binnen de natuurwetenschappen kennis verzameld kan worden en het leren gebruiken van deze kennis en vaardigheden om nieuwe kennis op te doen en/of nieuwe vaardigheden te ontwikkelen' wordt in het vervolg van deze studie kort aangeduid met 'leren onderzoeken', en de activiteit waarbij leerlingen zelf een onderzoek uitvoeren wordt 'leerlingonderzoek' genoemd.

Ondanks inbedding in het curriculum bestaat er wat betreft de situatie in Nederland anno 1999 nog weinig duidelijkheid over de wijze waarop 'leren onderzoeken' in het algemeen en het leerlingonderzoek in het bijzonder moet worden vormgegeven en welk niveau daarin bereikt dient te worden (van Tilburg e.a., 1998; Dekkers & van Rens, 1999). Van Driel en van den Akker (2000) constateren voor met name deze onderwijsvernieuwing nog een forse kloof tussen curriculumidealen en leerlinguitkomsten. Deze onduidelijkheid geldt zeker ook voor de rol van de docent: wat wordt er van docenten verwacht en op welke manier kunnen ze worden ondersteund om het onderzoek voor leerlingen tot een succes te maken?

In deze dissertatie wordt verslag gedaan van de ontwikkeling, uitvoering en evaluatie van een scholing, die docenten ondersteunt bij hun pogingen om leerlingen te leren een onderzoek met kwaliteit op te zetten, uit te voeren en te beschrijven. Onder onderzoek met kwaliteit wordt hier verstaan: onderzoek dat voldoet aan eisen van validiteit en betrouwbaarheid. Het onderzoek maakt deel uit van het onderzoeksprogramma van het Universitair Instituut voor de Lerarenopleiding (UNILO, sinds september 1999 ILS) van de KUN getiteld: 'Het functioneren van docenten op klas- en schoolniveau' (UNILO, 1996).

Dit hoofdstuk beschrijft welke beleidsstappen er de afgelopen decennia zijn gezet om het practicum in het algemeen en het onderzoek door leerlingen in het bijzonder een plaats te geven in de examenprogramma's (paragraaf 1.2). Nagegaan wordt tot welke onderwijspraktijk dat heeft geleid (paragraaf 1.3). Vervolgens wordt in paragraaf 1.4 de problematiek rond leerlingonderzoek aangescherpt en worden probleemstelling en onderzoeksvraag geformuleerd. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de thematiek van de verschillende hoofdstukken.

²Op dit moment (najaar 2000) zijn de eisen voor het profielwerkstuk aanzienlijk afgezwakt. Zo is de eis, dat er twee of meer profielvakken bij de onderzoeksopdracht betrokken dienen te zijn, vervallen. Het is nog niet duidelijk welke gevolgen deze afzwakking zal hebben.

³Naast het schoolexamen bestaat ook het centraal examen, dat voor alle scholen hetzelfde is.

1.2 LEERLINGONDERZOEK EN ONDERWIJSBELEID

1.2.1 Inleiding

Het leerlingonderzoek in het Nederlandse natuurkundeonderwijs is min of meer voortgekomen uit de ontwikkeling van het practicum en loopt parallel met een aantal successievelijke vernieuwingsbewegingen in de exacte vakken, die zich de afgelopen decennia in Nederland hebben voltrokken (zie Terwel e.a., 1997). In de eerste vernieuwingsbeweging staat de structuur van de wetenschappelijke discipline centraal. Typierend voor deze vernieuwingsbeweging is het werk van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). In de tweede vernieuwingsbeweging wordt gestreefd naar meer leefwereldgericht en participatie-gericht onderwijs, met name herkenbaar in het PLON-project. In de derde vernieuwingsbeweging tot slot staat het leerproces van de leerling centraal. Er ontstaat een grotere aandacht voor eigen constructies en denkbeelden van leerlingen in relatie tot begripsvorming, probleemoplossen en (meta)cognitieve vaardigheden. In deze paragraaf zal worden verkend hoe het leerlingonderzoek zich door deze vernieuwingsbewegingen heen beleidsmatig heeft ontwikkeld.

1.2.2 De eerste discussies

De opkomst van het practicum

Als startpunt van het practicum in het Nederlandse natuurkundeonderwijs noemt van Genderen (1994) de jaren twintig van de vorige eeuw met onder andere het verschijnen van de practicumhandleiding 'Natuurkunde in leerlingenproeven' van Minnaert (1924). In een rapport uit 1928 deed de commissie Fokker⁴ de aanbeveling om 'geleidelijk praktische oefeningen in den cursus in te schakelen, waarmede ook bij het eindexamen rekening zal worden gehouden' (Commissie Fokker, 1928, p.2). Het belang van het praktische werken was volgens de commissie onder meer het 'begrip geven van de natuurwetenschappelijke methode'. De commissie Reindersma gaf in haar rapport van 1934 een uitwerking van een aantal practica onder de titel: 'Natuurkundige proeven voor leerlingen' (Commissie Reindersma, 1934).

Na een periode van relatieve stilstand nam medio jaren vijftig het aandeel van het practicum als onderdeel van de lessen op scholen flink toe (van Genderen, 1994). Dit kwam onder meer doordat het ministerie geld beschikbaar stelde voor practicumlokalen en instrumentarium, en door een groeiend aantal practicumhandleidingen, zoals bijvoorbeeld 'Doen en denken' van Kelder, Steller en Zweers (1958). Eén van de auteurs – Steller – promoveerde in 1965 op het proefschrift 'Handigheid of inzicht?'. In zijn onderzoek wilde hij de effecten van

⁴Dr. A.D. Fokker was voorzitter van deze commissie, die in 1926 door de Nederlandse Natuurkundige Vereniging in het leven werd geroepen met als doel het formuleren van aanbevelingen voor verbetering van het natuurkunde-onderwijs aan gymnasia en hbs'en.

practicum nagaan op de prestaties van leerlingen. Steller concludeerde onder meer: 'Leerlingen die zelf proeven hebben gedaan, zijn beter in staat het geleerde in concrete (nieuwe) situaties te herkennen en toe te passen, dan leerlingen van hetzelfde verbale prestatieniveau, die geen practicum hebben gehad'. Hij vond overigens geen positief effect van practicum op examenresultaten (Steller, 1965). Over het algemeen waren de practicumproeven die Steller en anderen in lesmateriaal aan het onderwijsveld aanboden kookboekachtig van structuur. De leerlingen werden aan de hand van een serie opeenvolgende instructies stap voor stap naar de uiteindelijke conclusie toe geleid. Als kritiek hierop pleitte Van Vianen (1969, p.67) in het tijdschrift *Faraday*⁵ voor een 'echt onderzoek' door leerlingen met de mogelijkheid voor eigen inbreng: 'Zou het voor de leerlingen niet veel interessanter zijn als zij in hun eigen tempo een echt onderzoek konden doen, d.w.z. een proef waarvan ze niet kunnen opzoeken wat er uitkomt. (...) Men kan de leerlingen hun eigen materiaal en hun eigen meetmethode laten kiezen. (...) Het resultaat zal de leraar meer vertellen over de capaciteiten dan een proefwerk-cijfer.' Hellingman (1973) pleitte enkele jaren later in hetzelfde tijdschrift voor het onderwijzen van de natuurwetenschappelijke methode. In een polemiek met Steller werden voor- en tegenargumenten van dit type natuurkundeonderwijs besproken (Steller, 1973; Hellingman, 1974; Steller, 1974). Uit de discussie tussen Hellingman en Steller bleek dat beiden het eens waren over de doelstelling met betrekking tot het leren natuurwetenschappelijk te denken, maar ze legde ook bloot wat verderop nog vaak terug zal komen: de tegenstelling tussen 'in het diepe gooien' en 'aan het handje meenemen'. Kortom: een eerste aanzet tot een discussie over de didactiek voor dit type onderwijs was hierbij gegeven.

De invloed van buitenlandse projecten

In de aanloop naar de invoering van de Mammoetwet eind jaren zestig – de hbs werd vervangen door havo en vwo, en de mulo door de mavo – startte een discussie over de inhoud van het natuurkundeonderwijs. De Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN), die in 1965 was ingesteld, had een belangrijke rol bij het herwaarderen van het experiment in het natuurkundeonderwijs (Verkerk, 1983, p.45). Er verschenen veel nieuwe methoden op de markt. In die methoden was de invloed merkbaar van diverse buitenlandse projecten, zoals de PSSC Physics Course en de Harvard Project Physics Course (Verenigde Staten), en de Engelse Nuffield Physics projecten (zie van Genderen, Heij & Schröder, 1972; van Genderen & Schröder, 1973; Schröder & van Genderen, 1975). De invloed van de PSSC Physics Course en Nuffield Physics, met de vakstructuur als basis voor de onderwijsinhoud, was met name te merken in de herziene versie van de veelgebruikte methode 'Natuurkunde op corpusculaire grondslag' van Schweers en van Vianen (1968). De talrijke experimenten in deze buitenlandse methoden, die vorm moesten geven aan het idee van 'being a scientist for a day', werden evenwel niet door de auteurs overgenomen.

Begin jaren zeventig waren de zogenaamde 'Woudschotenconferenties', georganiseerd

⁵Het tijdschrift *Faraday* was sinds 1930 het orgaan van de vereniging van leraren in natuur- en scheikunde (VELINES). Het tijdschrift is begin jaren tachtig opgeheven en is opgevolgd door het NVON-maandblad en nog later door NVOX.

door de Werkgroep Natuurkunde Didactiek (WND) hoofdzakelijk gewijd aan deze vernieuwende buitenlandse methoden⁶. De conferentie uit 1970 leidde tot de vraag of het materiaal van Harvard Project Physics niet bewerkt kon worden voor gebruik in Nederland (WND, 1972). De CMLN gaf echter de voorkeur aan een eigen ontwikkelproject: het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON).

1.2.3 Op weg naar leerlingonderzoek in het examenprogramma

Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde

Het PLON, dat in 1972 van start ging, kan gezien worden als de belangrijkste representant van de tweede vernieuwingsbeweging in het Nederlandse natuurkundeonderwijs met betrekking tot de aspecten 'leefwereld- en participatie-gerichtheid'⁷ (Wierstra, 1990; Terwel e.a., 1997). Doel was het voor alle schooltypen – met uitzondering van het lbo – ontwikkelen van lesmateriaal, dat aansloot bij de leefwereld van de leerlingen: contextrijk lesmateriaal met veel toepassingen uit het dagelijkse leven. Ongebruikelijk was het te volgen ontwikkeltraject: beginnen bij de tweede klas mavo⁸. Een ontwikkelingsproject van onderop dus.

Het practicum in het PLON-materiaal voor de onderbouw werd ontwikkeld vanuit het uitgangspunt van participatiegerichtheid – het benadrukken van werkvormen waarin de leerling relatief zelfstandig een leertaak uitvoert, waarbij er mogelijkheden zijn voor eigen inbreng (Wierstra, 1990) – en week sterk af van wat op dat moment gebruikelijk was: er was veel diversiteit in aanbod, kortere en langere proeven, gericht op verschijnselen, maar ook op het zelf maken van apparaten en modellen. De opzet van een PLON-thema⁹ bood de leerlingen in het keuzedeel de gelegenheid zelf een onderzoekje te kiezen, uit te voeren en te presenteren. Hieraan kon een flinke periode zelfstandig worden gewerkt¹⁰. Bij het doen van keuzeonderzoek door leerlingen werden naast sociale vaardigheden ook expliciet leerstofdoelen en vaardigheden geformuleerd¹¹. De vaardigheden omvatten meetvaardigheden, verwerkings-

⁶In 1970 was dat Project Physics, in 1971 werd de conferentie gewijd aan de Nuffield projecten en in 1972 kwam voor het eerst het PLON ter sprake als een eigen Nederlands vernieuwingsproject.

⁷Een ander vernieuwingsproject, het DBK-project (differentiatie binnen klasverband, 1974) was meer gericht op individuele verschillen van leerlingen. Dit werd gerealiseerd in een differentiatie-model – basisstof, herhaalstof en extrastof (Licht, 1982, pg. 47) – dat het mogelijk maakte om leerlingen in een eigen tempo de leerstof te laten doorwerken. Een belangrijke werkvorm hierbij was het doen van practicum.

⁸Aanvankelijk bestond het plan om Project Physics te vertalen, maar na overleg met het Ministerie en de CMLN bleek het meer gewenst te beginnen met de onderbouw van het avo (Eijkelfhof & Schröder, 1996).

⁹In grote lijnen zijn de PLON-thema's gestructureerd aan de hand van de volgende onderdelen: oriëntatie, basisdeel, keuzedeel, rapportage, en verbreden en verdiepen (Wierstra, 1990, p.12).

¹⁰Zie bijvoorbeeld het thema 'IJs, water, stoom: AVOL pg. 10 en 11, versie 1981 (PLON, 1981).

¹¹Zie AVOL: IJs water stoom (PLON, 1981), pg. 41 en 42.

vaardigheden en presentatievaardigheden (zoals een verslag schrijven, maar bijvoorbeeld ook rapporteren aan de klas).

Het Practicum Schoolonderzoek

De nieuwe ontwikkelingen die begin jaren zeventig met het PLON waren ingezet moesten uiteindelijk leiden tot nieuwe examenprogramma's. Daartoe werd opnieuw de aanzet gegeven door de CMLN in de vorm van een rapport in 1974. Hierin werd onder andere voorgesteld om practicum in het schoolonderzoek op te nemen. In 1979 verscheen een nieuw examenprogramma natuurkunde voor mavo, havo en vwo (Min. O & W, 1979). In 1982 werd practicum een verplicht deel van het schoolonderzoek van het havo en vwo onder de naam Practicum Schoolonderzoek (PSO). De doelstellingen voor dit Practicum Schoolonderzoek werden als volgt geformuleerd (Doelstellingencommissie, 1982):

'Bij het praktisch gedeelte van het schoolonderzoek wordt van h.a.v.o. en v.w.o. kandidaten verwacht dat zij:

1. Naar aanleiding van een probleemstelling, beschrijving of afbeelding een experimentele opstelling kunnen maken;
2. In staat zijn om experimentele omstandigheden, die betrekking hebben op het te onderzoeken probleem, te veranderen;
3. De meetinstrumenten kunnen hanteren en waarnemingen kunnen doen, daarbij rekening houdend met de in verband met de probleemstelling benodigde nauwkeurigheid;
4. In staat zijn te rapporteren over het experiment.'

De invoering van het PSO heeft een stimulerende invloed gehad op de ontwikkeling van practicum in de bovenbouw bij het vak natuurkunde (Verkerk, 1983; p.21). Hoewel het PSO op de meeste scholen een gesloten structuur had – zo ontwikkelde het centraal instituut voor toetsontwikkeling (CITO) practicumtoetsen met een gestructureerde opbouw en bijbehorend beoordelingsmodel – was het PSO voor een aantal scholen de aanleiding leerlingen een eigen onderzoek te laten uitvoeren. Ter ondersteuning van dit leerlingonderzoek werd in 1986 door de lerenschrijfgroep Nijmegen van het PLON een handleiding voor open experimenteel onderzoek (OPEXON) geschreven (van Haren e.a., 1986). Met OPEXON werd een model gepresenteerd voor het doen van leerlingonderzoek in het (voor)laatste jaar van havo en vwo. Als basis diende een gefaseerde opzet voor natuurwetenschappelijk onderzoek, die werd gebruikt om een tijdschema vast te stellen en om een beoordelingsschema te kunnen maken. In het leerlingmateriaal vonden de leerlingen aanknopingspunten voor het doen van onderzoek in de vorm van suggesties voor onderwerpen, aanwijzingen, invulbladen enzovoort.

De keuzeopdracht in het schoolonderzoek

In het nieuwe Eindexamenprogramma voor Natuurkunde uit 1989 – ook wel het WEN-examenprogramma¹² genoemd – werd voor het vwo de zogenaamde 'keuzeopdracht' met bijbehorende specifieke vaardigheden opgenomen (WEN, 1988). Deze keuzeopdracht (met een omvang van ca. 15 lessen) kon worden ingevuld met het zelfstandig bestuderen van een

¹²WEN is de afkorting van Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde.

'speciaal onderwerp' of met een 'onderzoeksopdracht'. Ter ondersteuning van de implementatie van het nieuwe examenprogramma werd in 1986 het Projekt Bovenbouw Natuurkunde (PBN) gestart¹³. Het PBN-2 leverde als eindproduct onder andere enkele leerplandocumenten (LPD's) op over het ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden in klas 4 en 5 (Feiner-Valkier, 1993) en over het Eigen Experimenteel Onderzoek (EXO) in klas 6 vwo (van Haren, 1993). Het programma werd in 1994 bijgesteld omdat het te overladen was. In deze bijgestelde versie, die in 1996 operationeel werd, bleef de mogelijkheid van een keuzeopdracht bestaan.

1.2.4 Recente ontwikkelingen

De basisvorming

De situatie in de eerste drie leerjaren van het voortgezet onderwijs – wat leren leerlingen eigenlijk in deze eerste jaren en in welk opzicht verschilt het aanbod op de verschillende schooltypen – was voor de toenmalige regering de aanleiding tot het laten opstellen van het advies 'Basisvorming in het onderwijs' door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR, 1986) over een mogelijke 'basisvorming' voor alle leerlingen, ongeacht de achtergrond. Er werden zogenaamde kerndoelencommissies in het leven geroepen, die aan de slag gingen met het ontwikkelen van kerndoelen per vak. In het cursusjaar 1993-1994 ging deze basisvorming voor de eerste drie leerjaren van het voortgezet onderwijs van start. De basisvorming behelsde andere inhouden, maar ook een andere wijze van aanbieden van de leerstof, met meer nadruk op het toepassen van het geleerde, op het ontwikkelen van vaardigheden en op het laten zien van samenhang (Brouwers e.a., 1995). Zo omvatten de kerndoelen voor het 'nieuwe' vak natuur- en scheikunde ook eindtermen voor onderzoek (zie tabel 1.1).

Als we deze experimentele vaardigheden vergelijken met die uit het examenprogramma natuurkunde voor mavo (ACLO, 1983), dan zien we niet zulke grote verschillen. Beide lijsten met vaardigheden schrijven geen leerlingonderzoek voor, maar laten het aan de interpretatie van de docent over om in zijn practicum aandacht te besteden aan het zelf laten opzetten en uitvoeren van een onderzoek door de leerlingen. Het aanvankelijke plan om de Basisvorming af te sluiten met een serie toetsen, waar ook praktische vaardigheden onderdeel van zouden uitmaken, is uiteindelijk niet doorgegaan.

¹³Het Project Bovenbouw Natuurkunde (1986-1992), waarin leraren samenwerkten met medewerkers van universiteiten en onderwijsinstituten had tot doel het ontwikkelen van voorbeeld lesmateriaal ten behoeve van docenten en vakdidactici ter verbetering van het natuurkundeonderwijs in de bovenbouw van het havo/vwo.

Domein A: Natuur- en scheikundige vaardigheden

3 De leerlingen kunnen zo zelfstandig mogelijk een eenvoudig natuurwetenschappelijk onderzoek van beperkte omvang voorbereiden, uitvoeren en beschrijven en daarbij onder kerndoel 1 genoemde grootheden¹⁴ hanteren.

Zij kunnen:

- proeven ontwerpen om een eenvoudige probleemstelling te onderzoeken;
 - practicummaterialen herkennen en op adequate wijze inzetten voor proeven;
 - proeven voorbereiden en uitvoeren;
 - relevante waarnemingen doen en conclusies trekken;
 - mondeling of schriftelijk verslag doen van zelf uitgevoerde experimenten;
 - resultaten van zelf uitgevoerde proeven toelichten en/of verklaren.
-

Tabel 1.1 - Kerndoelen voor onderzoek in de basisvorming natuur- en scheikunde (Staatsblad 1997 484).

De Vernieuwde Tweede Fase

Vanaf september 1999 zijn alle scholen voor havo en vwo gestart met de Vernieuwde Tweede Fase: een herinrichtingsoperatie voor de bovenbouw van het voortgezet onderwijs havo-vwo (Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO, 1993; Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO, 1994; Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO, 1995). Het centrale onderwijskundige concept voor de Tweede Fase is het *leren-leren*: niet alleen het *hebben* van kennis is belangrijk maar ook het *kunnen verwerven* van adequate kennis. Leerlingen dienen op school vaardigheden te ontwikkelen die hen in staat stellen hun eigen leerproces te reguleren (zie ook Boekaerts & Simons, 1993). Onderdeel van het zogenaamde schoolexamen is het profielwerkstuk. Dit wordt voor het vwo als volgt omschreven (Gravenberch, 1996):

Het profielwerkstuk betreft minstens twee vakken uit het profiel en heeft een studielast van 80 uur.

Wanneer het vak natuurkunde bij het profielwerkstuk betrokken is, omvat het profielwerkstuk:

- een zelfstandige onderzoeksopdracht op het terrein van twee of meer profielvakken.

Wat de bijdrage van natuurkunde betreft is dit:

- een natuurwetenschappelijk onderzoek, en/of
- een technisch ontwerp.

Bij de opzet en uitvoering worden literatuur en/of andere bronnen geraadpleegd en geanalyseerd.

Voor het 'natuurwetenschappelijke onderzoek' en het 'technisch ontwerp' worden de vaardigheden in het nieuwe examenprogramma beschreven zoals vermeld in tabel 1.2. Over de beoordeling van dit profielwerkstuk wordt in de voorlichtingsbrochure van de SLO (Gravenberch, 1996) opgemerkt dat het profielwerkstuk met de waardering 'voldoende' moet zijn afgerond. Naast de waardering 'voldoende' kan ook de waardering 'goed' worden toegekend.

¹⁴Het gaat hierbij om de volgende grootheden: lengte, massa, tijd, temperatuur, snelheid, spanning, stroomsterkte, weerstand, energie, vermogen, kracht, trillingstijd, frequentie.

ONTWERPVAARDIGHEDEN

De kandidaat kan

- 28 een technisch probleem herkennen en specificeren.
- 29 een technisch probleem herleiden tot een ontwerpopdracht.
- 30 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 31 een werkplan maken voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 32 een ontwerp bouwen.
- 33 ontwerpproces en -produkt evalueren, rekening houdende met ontwerpisen en randvoorwaarden.
- 34 voorstellen doen ter verbetering van het ontwerp.

ONDERZOEKSVAARDIGHEDEN

De kandidaat kan

- 35 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
 - 36 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.
 - 37 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
 - 38 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
 - 39 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
 - 40 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
 - 41 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
 - 42 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
 - 43 oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren.
-

Tabel 1.2 - Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden in de Vernieuwde Tweede Fase.

1.3 LEERLINGONDERZOEK EN ONDERWIJSPRAKTIJK

De in de vorige paragraaf gegeven korte historische schets laat zien dat het leerlingpracticum zich in achtereenvolgende examenprogramma's langzaam maar zeker een eigen status heeft verworven en het leerlingonderzoek anno 1999 expliciet wordt opgevoerd in de eindtermen. De vraag is vervolgens in hoeverre het beleid zich in een adequate onderwijspraktijk heeft laten vertalen. Deze onderwijspraktijk is de afgelopen decennia slechts incidenteel onderzocht. Zo werd in 1978 door Ellermeijer en Verkerk (1979a; 1979b; 1980) een enquête naar de natuurkundesecties van de havo- en vwo-scholen gestuurd met het doel de situatie op dat moment met betrekking tot practicum in de bovenbouw en het practicum schoolonderzoek te inventariseren. Uit deze enquête, die door 60% van de scholen werd ingevuld, bleek dat gemiddeld 6% van de onderwijstijd in de bovenbouw aan practicum werd besteed¹⁵, hetgeen overigens wel door 91% van de ondervraagde natuurkundeleraren te weinig werd gevonden.

¹⁵Over de onderbouw bestaan uit die tijd geen cijfers. Uit de enquête bleek wel dat de natuurkundeleraren aan practicum in de onderbouw een belangrijker plaats toekenden dan aan practicum in de bovenbouw (Ellermeijer & Verkerk, 1979; 1980).

Vooral tijdgebrek (zowel het gebrek aan tijd in de lessen als het gebrek aan tijd voor de leraar) bleek een verdere uitbouw van het practicum in de bovenbouw tegen te houden (Verkerk, 1983, p.18). Toch was in het schooljaar '77/'78 al op 41% van de scholen practicum in het schoolonderzoek opgenomen, en dit percentage nam volgens een NVON-enquête uit 1979 flink toe: een percentage van 47% in 1979, terwijl bovendien 60% van de leraren van plan was om in 1980 practicum in het schoolonderzoek op te nemen (de Vries, 1979). Het verplicht stellen van practicum bij het schoolonderzoek zorgden in ieder geval voor een toename van practicum in de bovenbouw (Verkerk, 1983, p.21). Overigens bleek uit publicaties in Faraday en uit het verslag van de zogenaamde 'konferentie Woudschoten' van 1977 dat het practicum al ruim vóór de verplichting in 1982 op scholen deel uitmaakte van het schoolonderzoek (WND, 1977). In enkele gevallen gebeurde dat in de vorm van een leerling-onderzoek. Zo deed het Twickelcollege te Hengelo begin jaren 70 al 'zelfstandig onderzoek', geïntegreerd voor de drie binas-vakken (Wilms, 1976).

In het kader van het Project Bovenbouw Natuurkunde (PBN, 1986) werd door Van Haren (1993) onderzoek gedaan naar de klaspraktijk van het zogenaamde Eigen Experimentele Onderzoek (EXO) als invulling van de keuzeopdracht in het WEN-examenprogramma. Uit een enquête die in 1990 naar 147 secties natuurkunde werd gestuurd bleek dat minstens 10% van deze secties ervaring had met op EXO lijkende onderdelen in het schoolonderzoek. Voor de meeste ervaren EXO-docenten lag de tijdsinvestering binnen de 15 door de WEN geadviseerde uren. Bij landelijke invoering van het EXO noemden de docenten tijdgebrek als grootste knelpunt (44%), met als tweede de beoordeling (17%). Organisatie en middelen kwamen op de derde plaats (14%).

Voor de onderbouw werd door Kuiper (1993) onderzoek verricht naar de situatie van het natuurwetenschappelijke (onderbouw)onderwijs anno 1989 in relatie tot de idealen van de basisvorming: naar meer leefwereld- en participatiegericht onderwijs. Dit onderzoek liet zien dat hiertussen een behoorlijke kloof bestond. Voor het vak natuurkunde op het havo en vwo bleek onder meer dat iets meer dan de helft van de docenten tussen 10 en 25% van de lestijd aan practicum besteedde en dat de nadruk lag op een practicumvorm waarbij leerlingen in groepjes van twee of meer allen dezelfde proef uitvoerden. Om de kloof te dichten opperde Kuiper ten aanzien van het lesmateriaal onder meer dat 'het verschaffen van duidelijke handreikingen aan docenten en leerlingen voor het, tenminste op bescheiden schaal, (doen) opzetten van onderzoek zeker overwogen dient te worden.' Op hetgeen deze handreikingen zouden kunnen inhouden werd overigens niet ingegaan. Verder suggereerde Kuiper 'het verlenen van externe ondersteuning van docenten in de vorm van gerichte en voortdurende nascholing (...) op vaksectieniveau'. Het in 1997 uitgevoerde internationale onderzoek naar de prestaties van leerlingen in de wiskunde en natuurwetenschappelijke vakken in leerjaar 1 en 2 van het voortgezet onderwijs (Third International Mathematics and Science Study; TIMSS) bleek het hierboven beschreven onderzoek van Kuiper in grote lijnen te bevestigen (Kuiper e.a., 1997, p.221).

Een inventarisatie uit 1995 van de praktijk van leerlingonderzoek in de onderbouw bij het vak natuurkunde/nask leverde een zeer magere score op en een grote diversiteit aan opvattingen en uitvoeringen (Smits, 1995a). Zo bleek bij de zes ondervraagde docenten het aantal

lessen per onderzoek te variëren tussen 2 en 20, het aantal leerlingen per onderzoeksgroep tussen 2 en 4 en het aantal keren dat per jaar een leerlingonderzoek werd uitgevoerd tussen 1 en 6. Daarbij was de inhoud enerzijds strikt vakmatig, en anderzijds breed projectmatig, met een grote variatie in openheid.

Recent is een studie verricht naar de ontwikkeling en beoordeling van onderzoeksvaardigheden in de Tweede Fase VO (Stokking & van der Schaaf, 2000). Uit deze studie blijkt, dat het begrip 'onderzoeksvaardigheid' door docenten nogal divers wordt gepercipieerd. Ze streven vooral doelen na ten aanzien van de ontwikkeling van vakkennis, zelfstandig werken en leren, en het uitvoeren van onderzoek in een aantal stappen, en minder ten aanzien van inzicht in onderzoek als geheel, het gereedschap van de onderzoeker, en de werkwijze en houding van een onderzoeker. Bovendien zijn er grote individuele verschillen. Ze hanteren bij het aanleren van onderzoeksvaardigheden vooral twee principes: eerst deelvaardigheden leren en dan volledig onderzoek, en van gesloten opdrachten naar open opdrachten. Het geven van begeleiding houdt voor de meeste docenten in dat ze de leerlingen vragen hoe het gaat, en als leerlingen met vragen of problemen aankomen de docenten een tegenvraag stellen, of een voorbeeld of suggestie geven. Wat betreft de beoordeling van het onderzoekswerk van de leerling zijn er grote verschillen in moment van beoordeling, gebruikte criteria, wat beoordeeld wordt, de aanpak en de terugkoppeling van de beoordeling. De docenten ervaren bij het begeleiden en beoordelen een aantal knelpunten, waarvan de belangrijkste zijn gebrek aan tijd, gebrek aan overleg met andere docenten, en gebrek aan systematische opbouw van onderzoeksvaardigheden. Wat betreft de kwaliteit van het beoordelingswerk van docenten blijkt uit het onderzoek dat ze op zich redelijk zorgvuldig beoordelen, maar dat het de vraag is wat ze beoordelen: de beoordeling zegt waarschijnlijk niet veel over de kennis en vaardigheden van de leerlingen.

Op basis van bovenstaande onderzoeksgegevens kunnen voor wat betreft het leerlingonderzoek in de Nederlandse onderwijssituatie bij de start van deze studie in 1995 de volgende conclusies worden getrokken:

- Er zijn sterke aanwijzingen dat er in de onderbouw slechts op een klein aantal scholen aandacht wordt besteed aan eigen onderzoek door leerlingen bij het vak natuur- en scheikunde. Er is in ieder geval geen theoretische en empirische onderbouwing van deze onderwijsactiviteit op basis van bijvoorbeeld ontwikkelingsonderzoek voorhanden. Zo er al onderzoek door leerlingen wordt gedaan, lijken er nauwelijks criteria voorhanden waarop docenten hun begeleiding en beoordeling kunnen funderen. Ook is er nauwelijks ondersteuning voor de docent in de vorm van scholing.
- De onderwijspraktijk in de bovenbouw ziet er iets rooskleuriger uit. Er is voor natuurkunde een relatief groot aantal leerlingen dat onderzoek doet als invulling van de keuzeopdracht in het schoolonderzoek. Er is een bescheiden hoeveelheid ondersteunend materiaal ontwikkeld (zie bijvoorbeeld van Haren & Smits, 1992) en er zijn richtlijnen voor beoordeling samengesteld (zie bijvoorbeeld Budding e.a., 1992). Afgezien van incidentele studiedagen is er geen gerichte scholing van docenten opgezet.

Bovenstaande analyse en conclusies laten zien dat er tussen onderwijsbeleid enerzijds en de onderwijspraktijk anderzijds wel een aansluiting bestaat in die zin, dat het practicum een

substantieel onderdeel is van het onderwijsprogramma, maar dat met name in de onderbouw er slechts zeer beperkte mogelijkheden voor eigen onderzoek door leerlingen worden gegeven. Voor zowel boven- als onderbouw geldt dat de begeleiding en beoordeling nauwelijks gebaseerd zijn op een theoretisch en empirisch gefundeerd didactisch concept. Met name dit laatste is de aanleiding tot deze studie geweest. De eerste ervaringen met de Basisvorming en de ontwikkeling van de examenprogramma's voor de vernieuwde Tweede Fase hebben vanaf 1995 overigens wel geleid tot het ontwikkelen van ondersteunend materiaal en scholingsactiviteiten door het APS op onderbouwniveau, en door APS, SLO en CITO op bovenbouwniveau (van Os, 1998; Bustraan, 1997; Gravenberch, 1998; Sikkeldam, 1998).

1.4 VALIDITEIT EN BETROUWBAARHEID ALS KWALITEITSASPECTEN

Behalve in Nederland is in diverse andere landen expertise ontwikkeld met het laten uitvoeren van onderzoek door leerlingen in het science-onderwijs (zie bijvoorbeeld Millar, 1994; Keys, 1997; NRC, 1996). Toch blijkt, dat zelfs in Groot-Brittannië, waar een lange traditie van leerlingonderzoek in het curriculum en examenprogramma bestaat, het omzetten van de doelstelling 'leren onderzoeken' naar adequaat onderwijs problematisch is (Millar, 1994). Op zich is dat niet verwonderlijk. In wezen is het zelfstandig laten uitvoeren van een onderzoek door leerlingen een complexe onderwijsleeractiviteit.

Twee belangrijke en onderbelichte aspecten van leerlingonderzoek betreffen het valide en betrouwbaar uitvoeren van onderzoek door leerlingen (Millar e.a., 1994; Gott & Duggan, 1995; Gott & Duggan, 1996). In het PACKS project (zie voor een verdere uitwerking paragraaf 2.4) worden deze aspecten gezien als centrale elementen van leerlingonderzoek, en is het kennen en leren hanteren van deze aspecten van belang voor het verbeteren van de kwaliteit van het leerlingonderzoek (Millar, 1994). In deze studie wordt het begrip 'kwaliteit van onderzoek' gedefinieerd als 'de mate waarin de leerlingen erin zijn geslaagd om het onderzoek valide en betrouwbaar op te zetten en uit te voeren'. De kwaliteit van een onderzoek is hoger, naarmate de leerlingen er beter in zijn geslaagd hun onderzoek valide en betrouwbaar op te zetten en uit te voeren. In kerndoelen en eindtermen van het natuurkunde-onderwijs in Nederland komen validiteit en betrouwbaarheid, met uitzondering van de meetnauwkeurigheid, niet expliciet aan de orde. De oorzaak hiervan moet met name gezocht worden in het feit dat deze aspecten niet de aandacht hebben van beleidsmakers, didactici en lerarenopleiders, en daardoor ook niet van docenten. Dit is te merken aan de wijze waarop experimenteren in het onderwijs is vormgegeven. Over het algemeen wordt daarbij gewerkt met bekende concepten, meettechnieken, apparaten en instrumenten, en is de validiteitsvraag daardoor bijna nooit aan de orde. Meestal zijn practicumproeven zo goed voorgekookt, dat succes verzekerd is en er voor de leerlingen alleen bij het meten en de verwerking van de meetresultaten iets overblijft dat te maken heeft met de betrouwbaarheid van de metingen. Wanneer echter leerlingen zelf worden geacht een onderzoek op te zetten is het lang niet altijd zo dat ze voor de hand liggende vragen stellen, bekende concepten kiezen, etc. Validi-

teit en betrouwbaarheid worden juist dan belangrijke onderzoeksbegrippen, waarvan leerling- en zich bewust moeten worden en die deel moeten uitmaken van het leren onderzoeken (Smits, 1997; Smits & van den Berg, 1998). Dat vereist van de docent een adequate deskundigheid, die te maken heeft met kennis en vaardigheden die nodig zijn om leerlingonderzoek op deze aspecten te begeleiden en te beoordelen. Er is dus sprake van een didactisch probleem.

Om bovengenoemde deskundigheid van docenten te ontwikkelen kunnen verschillende wegen bewandeld worden. In het verleden zijn veel onderwijsinnovaties tot stand gekomen via het ontwikkelen van nieuw onderwijsmateriaal door teams van docenten, praktijkbegeleiders, wetenschappers, didactici en onderwijskundigen (zie bijvoorbeeld de PSSC-physics-course; PSSC, 1960). Het op die manier ontwikkelde materiaal, dat meestal ook een handleiding voor de docent bevatte, diende dan als leidraad voor het nieuw te geven onderwijs. Een dergelijke instructievorm bleek in de praktijk echter niet goed te werken (Matthews, 1994). Een andere manier om de beoogde deskundigheidsbevordering van docenten proberen te bereiken is via nascholing. Het top-down aanbieden van nieuwe kennis en vaardigheden is echter niet efficiënt gebleken (zie hoofdstuk 3). In onze situatie is er behoefte aan een scholingsdidactiek, die niet alleen uitgaat van beoogde scholingsdoelen, maar ook rekening houdt met en aansluit bij de behoeften van de docenten. Het ontwikkelen van een dergelijke didactiek is niet zo simpel, omdat er in de woorden van Lijnse (1995) een spanning bestaat tussen 'guidance from above' en 'freedom from below'.

We kunnen de hierboven geschetste problematiek als volgt samenvatten: met betrekking tot het opzetten en uitvoeren van onderzoek door leerlingen constateren we dat validiteit en betrouwbaarheid belangrijke onderzoeksconcepten zijn, die echter bij leerlingonderzoek - zo dat al wordt gedaan - nauwelijks aan bod komen. De docent is o.i. de aangewezen persoon om leerlingen met deze concepten om te leren gaan, maar (natuurkunde)docenten zijn over het algemeen niet competent om ze daarin te begeleiden. Er is daarom een nader vorm te geven scholing nodig, die zich met name dient te richten op een adequate deskundigheidsontwikkeling van de docent. Om daaraan te werken, en om na te gaan in hoeverre een dergelijke scholing het beoogde effect heeft, is gekozen voor onderzoek met de volgende onderzoeksvraag:

In welke mate draagt de scholing van docenten, zoals door ons ontwikkeld, bij tot onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek in de onderbouw van het voortgezet onderwijs?

Deze vraag wordt beantwoord door op basis van theoretische beschouwingen over aspecten van een didactiek van leren onderzoeken en aspecten van een daarmee samenhangende scholingsdidactiek een intensieve scholing met een beperkt aantal docenten aan te gaan, en te onderzoeken in hoeverre de scholing effect heeft gehad en welke relatie er met het scholingsproces bestaat.

1.5 DE OPBOUW VAN DEZE STUDIE

De hoofdstukken 2 en 3 beschrijven het theoretische kader van deze studie. In hoofdstuk 2 wordt het doen van onderzoek door leerlingen vanuit een aantal gezichtspunten verkend en wordt een didactiek van leerlingonderzoek uitgewerkt, die er met name op is gericht de leerlingen te leren hoe ze valide en betrouwbaar onderzoek kunnen uitvoeren. Hoofdstuk 3 gaat in op aspecten die met de professionele ontwikkeling van docenten te maken hebben. Ook wordt een eerste aanzet gegeven tot een didactiek op basis waarvan een deskundigheidsbevordering van docenten ten aanzien van het onderwijs in leerlingonderzoek wordt nagestreefd. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de onderzoeksopzet. In hoofdstuk 5 wordt de voorbereiding van het onderwijs beschreven, in hoofdstuk 6 wordt de uitvoering van het onderwijs beschreven, en hoofdstuk 7 bevat de evaluatie van de scholing. Tot slot worden in hoofdstuk 8 de conclusies van het onderzoek gegeven, worden deze bediscussieerd, en wordt een perspectief voor leren onderzoeken geschetst.

Daan (7 jaar): 'Waarom storten golven op het strand neer en niet in zee?'

Papa (48 jaar) vertelt dat golven aan de onderkant worden afgeremd als ze bij het strand aankomen.

Sofie (6 jaar): 'O, ze struikelen'.

2

LEREN ONDERZOEKEN MET KWALITEIT

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de kwaliteit van leerlingonderzoek nader verkend. Daartoe wordt in paragraaf 2.2 beschreven welke doelen met leerlingonderzoek worden beoogd, welke relatie er met 'gewoon' practicum is, en of er een wetenschappelijke methode is die model kan staan voor de vormgeving van leerlingonderzoek. Vervolgens wordt beschreven hoe het onderwijzen van wetenschappelijke processen zich heeft ontwikkeld en welke consequenties dat heeft voor leren onderzoeken. Aangesloten wordt bij de benadering van het Procedural and Conceptual Knowledge in Science (PACKS) project. Op basis van deze PACKS-benadering wordt het begrip kwaliteit van onderzoek verder uitgewerkt. In paragraaf 2.3 wordt een didactiek voorgesteld voor het leren onderzoeken door leerlingen. Deze didactiek beoogt het verbeteren van de kwaliteit van leerlingonderzoek en omvat doelen en inhoud, de beginsituatie van de leerlingen, de beoogde leerprocessen, de activiteiten en hun structureren, en de beoordeling.

2.2 KWALITEITSCRITERIA VOOR LEERLINGONDERZOEK¹⁶

2.2.1 Practicum en leerlingonderzoek

In hoofdstuk 1 werd het 'leren onderzoeken' omschreven als het 'verwerven van kennis van en inzicht in de beginselen van de methoden waarmee binnen de natuurwetenschappen kennis verzameld kan worden en het leren gebruiken van deze kennis en vaardigheden om nieuwe

¹⁶Deze paragraaf is grotendeels gepubliceerd in het Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen (Smits, Lijnse & Bergen, 2000).

kennis op te doen en/of nieuwe vaardigheden te ontwikkelen', hetgeen als één van de doelstellingen van de exacte vakken binnen de Vernieuwde Tweede Fase werd geformuleerd (Stuurgroep Profiel Tweede Fase, 1995). De vraag is nu wat dit inhoudt. Om deze vraag te kunnen beantwoorden wordt eerst gekeken naar de vorm en functie van het practicum in het natuurwetenschappelijke onderwijs, en naar de relatie ervan met het leerlingonderzoek.

Over het algemeen worden door docenten en leerlingen 'theorie' en 'practicum' gezien als de beide hoofdbestanddelen van de natuurwetenschappelijke les (Donnelly, 1998). Over de rol van practicum in het natuurwetenschappelijke onderwijs is veel geschreven en onderzocht, zonder dat dit overigens tot eenduidige didactische opvattingen heeft geleid (zie hiervoor de overzichtsartikelen van Lazarowitz & Tamir (1994), en Lunetta (1998)). Van den Berg (1994) definieert practicum als een lesactiviteit waarbij 'leerlingen zelf meten en/of waarnemen en zelf apparatuur hanteren'. Dekkers (1997) merkt op dat het daarbij niet alleen gaat om het met meetinstrumenten verzamelen van kwantitatieve gegevens, maar dat kwalitatieve waarnemingen met bijbehorende beschrijvingen en verklaringen 'an sich' ook als practicum kunnen worden aangemerkt. Millar, Le Marechal en Tiberghien (1999) kiezen een nog veel ruimere omschrijving van practicum. Zij definiëren 'practical work' als: 'All those kinds of learning in science which involve students at some points in handling or observing real objects or materials (or direct representations of these, in a simulation or video-recording)'.

In het verleden is meerdere malen onderzocht welke doelen docenten voor ogen hebben met het laten uitvoeren van practica door leerlingen en op welke wijze ze daaraan vorm geven (Millar, Le Marechal & Tiberghien, 1998; Lazarowitz & Tamir, 1994), ook in ons land (Schroder, 1975; Kuiper, 1993). Deze doelen kunnen worden ondergebracht in de volgende vier categorieën: 'het stimuleren van interesse en plezier', 'het onderwijzen van apparatuurvaardigheden', 'het onderwijzen van het natuurwetenschappelijke proces', en 'ondersteuning bij het leren begrijpen van vakkennis' (Hodson, 1985). Onderzoek heeft laten zien dat er de laatste decennia een verschuiving is opgetreden van prioriteit voor begripkennis in de richting van prioriteit voor natuurwetenschappelijke processen (Woolnough, 1976; Beatty & Woolnough, 1982; Nott, 1996). Deze verschuiving in met name Groot-Brittannië en de Verenigde Staten – en in mindere mate ook in Nederland (Kuiper, 1993) – is te verklaren vanuit veranderende opvattingen over natuurwetenschappelijk onderwijs in het algemeen en de rol van het practicum in het bijzonder (Hodson, 1992; Kirschner, 1991; Lock, 1988). Deze verschuiving blijkt ook uit het in curriculumdocumenten en examenprogramma's opnemen van eindtermen, die expliciet zijn gericht op het onderwijzen van onderzoeksprocessen, en uit methoden die zijn ontwikkeld om het onderwijzen van deze processen te bevorderen (zie bijvoorbeeld Kortland, 2001).

Los van de hierboven genoemde ontwikkeling met betrekking tot het doel van practicum is de effectiviteit van het practicum al zeer lang onderwerp van kritiek. Zo blijkt het zogenaamde kookboekpracticum met als doel het verifiëren van de onderwezen theorie en met zijn uiterst gestructureerde opzet nauwelijks tot niet bij te dragen aan effectiever onderwijs, d.w.z. het beter begrijpen van natuurwetenschappelijke kennis door leerlingen (Bates, 1978; Hofstein & Lunetta, 1982; White, 1996). Om deze effectiviteit te verbeteren pleiten diverse auteurs ervoor om de doelen van practica duidelijker van elkaar te scheiden en explicieter aan

te geven (Black & Ogborn, 1979; Van den Berg & Giddings, 1992). Zo stellen Van den Berg en Giddings (1992) voor om drie soorten practica te onderscheiden: 'apparatuurpractica', waarbij het voornamelijk gaat om het inoefenen van apparatuurvaardigheden; 'begripspractica', die als belangrijkste doel hebben het ondersteunen van begripsontwikkeling, en 'onderzoekspractica', die bedoeld zijn om te leren onderzoeken. Recentelijk hebben Millar e.a. (1999) een aanzet gedaan tot het in kaart brengen van practicum, door de verschillende typen praktisch werk, hun doelen en karakteristieken helder te krijgen in relatie tot de achterliggende onderwijsdoelen. In hun brede definitie van practicum past ook het doen van onderzoek door leerlingen met als doel het leren onderzoeken.

In het voorgaande hebben we gekeken naar de relatie van leerlingonderzoek met practicum, en kunnen we concluderen, dat het leerlingonderzoek beschouwd mag worden als een open practicumvariant met specifieke doelen t.a.v. leren onderzoeken. Aan de andere kant zouden we ook kunnen kijken naar de positie van leerlingonderzoek t.o.v. 'echte' research. Als we leerlingonderzoek met 'echt' wetenschappelijk onderzoek vergelijken, moeten we ons realiseren dat het hierbij om meer gaat dan alleen een schaalverschil. Immers, het gaat ook om meer fundamentele verschillen, qua product (de onderzochte kennis: lokale reproductie van feiten-kennis versus de constructie van algemene theorieën) en proces (de gebruikte methode: enkele losstaande lokale oefeningen versus een langdurig internationaal proces van theorievorming en toetsing). Desalniettemin wordt expertise in wetenschappelijk onderzoek bij docenten voor het onderwijzen van leerlingonderzoek als zinvol gezien, zoals blijkt uit recent onderzoek, waarin docenten werden betrokken in researchprojecten met als doel hen de onderzoekende en procesmatige kant van natuurwetenschappen te laten ervaren (Gilmer, 1997; Ballas & Kielborn, 1997). Laten we eens gaan verkennen in hoeverre we uit wetenschappelijk onderzoek iets kunnen leren m.b.t. de didactiek van leren onderzoeken..

2.2.2 De wetenschappelijke methode en leerlingonderzoek

De vraag, die we ons met betrekking tot het didactisch vormgeven van leerlingonderzoek moeten stellen is: wat kan er in de hierboven geformuleerde doelstelling bedoeld worden met 'wetenschappelijke methode' en wat zijn dan die 'vaardigheden'? De term 'wetenschappelijke methode' suggereert dat er een set van regels of voorschriften zou bestaan die, als het ware, algoritmisch zou leiden tot 'goede' nieuwe kennis. Als dit het geval zou zijn, dan zou het uiteraard voor de hand liggen om deze set regels ook uitgangspunt te laten zijn voor een didactiek van leerlingonderzoek.

Nu spreekt de term wetenschappelijke methode veel wetenschapsbeoefenaren intuïtief erg aan. Het bestaan van zo'n rationele methode zou immers een verklaring kunnen zijn voor het grote succes van de wetenschap. Het is dan ook begrijpelijk dat in de wetenschapsfilosofie veel moeite is gedaan om hierover meer helderheid te krijgen. Daarbij is vooral het logisch-positivistische 'standaardbeeld' heel invloedrijk (geweest) (Chalmers, 1997; Koningsveld, 1993). Een belangrijk kenmerk hiervan is de rol van inductie. Wetenschap zou beginnen met objectieve waarnemingen waarin door middel van inductieve regels orde wordt ontdekt. Deze

‘harde’ waarnemingen zouden dan de basis vormen voor ‘ware’ wetenschappelijke kennis over de werkelijkheid (Chalmers, 1997). Maar o.a. vanwege het inductieprobleem, dat inhoudt dat we op grond van een eindig aantal waarnemingen er nooit zeker van kunnen zijn dat inductieve generalisaties ook waar zijn, bleek dit eenvoudige beeld niet zonder meer te handhaven.

Zowel op het idee van de ‘objectieve’ waarneming als op de rol van het inductivisme is vooral door Popper (1934; 1959) fundamentele kritiek geuit. Het kritisch rationalisme van Popper gaat uit van theorievorming op basis van het falsificeren van hypothesen. Deze dienen vervolgens streng te worden getoetst door waarnemingen en experimenten. Een theorie is dus nooit ‘waar’, maar hoogstens de beste die op dat moment beschikbaar is. In dit verband introduceerde Popper ook het idee van de theorie-geladen waarneming. Deze hypothetico-deductivistische visie van Popper is echter ook op zijn beurt weer onderwerp van grondige kritiek geweest (zie bijvoorbeeld Lakatos, 1978).

Wat nu in het kader van onze didactische problematiek te snel vergeten wordt, is dat in de beschreven wetenschapsfilosofie onderscheid gemaakt wordt tussen een ontdekkingscontext en een rechtvaardigingscontext. De wetenschapsfilosoof beschreef niet hoe kennis tot stand komt, maar hoe deze achteraf te rechtvaardigen valt als ‘zekere’ of ‘ware’ kennis. De beschreven methodologie is daarop gericht en is dus ook geen ‘zekere’ methode voor hoe je tot kennis kunt komen. Zij rechtvaardigt het product van de groep en geeft daarin de voortgang aan, maar zegt niets over de ontdekkingscontext van de individuele onderzoeker.

Overigens wordt dit contextenonderscheid tegenwoordig niet veel meer gemaakt, omdat vanaf het werk van Kuhn dit niet meer streng te handhaven bleek. Kuhn (1962) komt op basis van historische studies over wetenschapsontwikkeling tot een heel ander beeld van wetenschappelijke vooruitgang. Perioden van wetenschappelijke revoluties zouden elkaar afwisselen met perioden van normale wetenschap. Het bedrijven van normale wetenschap is volgens Kuhn het beste te vergelijken met het oplossen van puzzels binnen de contouren van het dan heersende paradigma (vgl. Chalmers, 1997, p.117). Het belangrijke van Kuhn is dat hij aangaf dat in de rechtvaardiging van kennis niet alleen logische maar ook psychologische motieven een rol spelen. En daarmee viel het beeld van de rationele wetenschappelijke methode als middel tot lineaire voortgang van kennis weg. Iemand als Feyerabend gaat daarin overigens nog veel verder. Er bestaan in de optiek van Feyerabend geen regels die wetenschapsbeoefenaars vertellen wat ze moeten doen om tot kennis te komen. In dat verband kan alles: ‘Anything goes’ (Feyerabend, 1970).

In het licht hiervan kunnen we ons ook afvragen of, en zo ja in hoeverre, het professionele doen en laten van een wetenschapsbeoefenaar zich nu onderscheidt van dat van de niet-wetenschapsbeoefenaar. Als dat onderscheid niet meer bestaat uit het kunnen hanteren van een wetenschappelijke methode, wat bedoelen we dan nog met ‘onderzoeksvaardigheden’? Is dit dan iets anders dan vaardigheid hebben opgedaan met het doen van onderzoek? En in welke zin onderscheidt dit zich dan nog van met ‘gezond verstand’ nadenken en handelen?

In dit verband is het belangrijk om de aandacht te vestigen op het belang van wat wel wordt aangeduid als een ‘wetenschappelijke houding’, iets wat in didactische vaardigheids-

discussies teveel onderbelicht blijft. Deelnemers aan het wetenschappelijk bedrijf hanteren, idealiter, een aantal impliciete normen, waarvan de voor ons doel belangrijkste meestal worden omschreven als 'disinterestedness' en 'organised scepticism' (zie bijv. Lijnse, 1985). Hiermee wordt zoiets bedoeld als 'intellectuele eerlijkheid' als norm voor de onderzoeker, die wordt bewaakt door georganiseerde wederzijdse kritiek. Ieder dient zich bij iedere wetenschappelijke bewering, van zichzelf of anderen, voortdurend af te vragen of die wel correct is. Ofwel, de kritische wetenschappelijke houding, waartoe ook behoort het 'opschorten van je oordeel' als je nog onvoldoende geïnformeerd bent.

Als we nu nagaan hoe in de didactiek het idee van de wetenschappelijke methode wordt gehanteerd, dan zien we dat daarin vaak een impliciete contextwisseling heeft plaatsgevonden. De methodische voortgang, die als rechtvaardigingsschema achteraf was geformuleerd, wordt dan gebruikt als ontdekkingsvoorschrift. Dat wil zeggen tot methodisch voorschrift volgens welke onderzoek moet plaatsvinden en dan ook nog op individueel niveau, of, anders gezegd, tot het 'kunnen hanteren van de wetenschappelijke methode'. Daarmee is ook de aandacht voor de kritische houding achter de horizon verdwenen. Uit het voorgaande moeten we echter de conclusie trekken dat een eenduidige methodiek voor het beoefenen van wetenschap niet bestaat, en als zodanig dus ook niet valt te onderwijzen. Didactische pogingen om zo'n methodiek toch te verwerken, bijvoorbeeld in practicumvoorschriften, zijn dan ook meestal te stereotiep. Bovendien, wat vaak in leerboeken wordt gepresenteerd als 'de wetenschappelijke methode' (zie bijvoorbeeld Hogenbirk e.a., 1994) is niet zozeer een methodologisch voorschrift, als wel een oplossingsheuristiek voor een verstandige aanpak van een onderzoeksprobleem. Ofwel, daarmee verlaten we het domein van de wetenschapsfilosofie als didactische inspiratiebron, en gaan over naar de psychologie van het leren onderzoeken.

2.2.3 Het onderwijzen van wetenschappelijke processen

In de onderwijs- en leerpsychologie zijn de laatste decennia diverse pogingen gedaan om op basis van een leertheorie het onderwijzen van wetenschappelijke processen vorm te geven. In deze paragraaf worden enkele van deze pogingen verkend.

Leren onderzoeken en wetenschappelijke processen

Voor onze thematiek is de methode Science - A Process Approach (S-APA), in eerste instantie bedoeld voor het primaire onderwijs (5 - 12 jaar), van belang (AAAS, 1967). Hierover schreef de psycholoog Gagné als volgt: 'This project rejects the "content approach" idea of learning highly specific facts or principles of any particular science or set of sciences. It substitutes the notion of having children learn generalisable process skills which are behaviorally specific, but which carry the promise of broad transferability across many subject matters.' Sindsdien is de discussie of het in het onderwijs in eerste instantie gaat om het leren van kennis of om (denk)vaardigheden niet meer weg geweest. Deze 'generalisable process skills' werden door Gagné ontleend aan een behavioristische analyse van wetenschappelijk hande-

len. Zij zijn omschreven in tabel 2.1. Er worden zogenaamde 'basic processes' onderscheiden en 'integrated processes'. 'Experimenting' als 'integrated process' wordt gezien als 'the process that encompasses all of the basic and integrated processes' (American Association for the Advancement of Science, 1968, pg.211). Zoals in het traditionele onderwijs vakinhouden systematisch onderwezen worden, zo worden in S-APA processen systematisch onderwezen. Deze benadering van S-APA kan gezien worden als een leerpsychologische interpretatie van het positivistische standaardbeeld in termen van deelprocessen. In huidige termen zouden we het leren uitvoeren van deze processen kunnen opvatten als het leren van onderzoeksvaardigheden.

<i>Basic processes</i>	<i>Integrated processes</i>
Observing	Formulating Hypotheses
Using Space/Time relationships	Defining Operationally
Classifying	Controlling Variables
Using Numbers	Interpreting Data
Measuring	Experimenting
Communicating	
Predicting	
Inferring	

Tabel 2.1 - Wetenschappelijke deelprocessen volgens de methode Science - A Process Approach.

Deze 'proces' benadering heeft, niet alleen in Amerika, maar ook in Engeland veel invloed gehad (Millar, 1991). In feite is de huidige nadruk op 'onderzoeksvaardigheden' (en andere algemene vaardigheden) in ons land ook grotendeels hierop terug te voeren, zij het dat de puur behavioristische onderbouwing inmiddels plaats heeft moeten maken voor een meer cognitivistische.

De hierboven beschreven opvatting over het onderwijzen van wetenschappelijke processen, als operationalisering van wetenschappelijk werken, heeft overigens vanuit kennistheoretische en pedagogische hoek ook flinke kritiek gekregen (Millar & Driver, 1987; Finlay, 1983; Hodson, 1990). Eén van de belangrijkste kritiekpunten was het feit dat bovengenoemde processen grotendeels niet kunnen, maar ook niet hoeven worden onderwezen, omdat deze processen vanaf de kindertijd bij iedereen aanwezig zijn en hoogstens verder ontplooid dienen te worden (Millar & Driver, 1987). De mate waarin leerlingen deze processen kunnen uitvoeren hangt in sterke mate af van de omvang van en vertrouwdheid met de kennis en context waarin deze processen moeten worden gebruikt (Lock, 1990). Lijnse (1994) merkt over dit soort algemene vaardigheden op dat het niet gaat om het verwerven ervan, maar om het leren inzetten en ontwikkelen ervan in steeds meer en complexere contexten met steeds meer en complexere kennis. De kern van de didactische problematiek komt dan niet te liggen op het leren van nieuwe vaardigheden, maar om leerlingen er toe te brengen om datgene wat ze in

principe al kunnen ook te *willen* inzetten en uitbreiden in nieuwe situaties, en dan ook nog met voldoende kwaliteit (Klaassen, 1995). Bij dit 'inzetten met kwaliteit' gaat het er bijvoorbeeld niet om 'hypothesen te leren formuleren' (want dat kunnen leerlingen in principe al), maar om te leren wat het inhoudt om in een onderzoekscontext, qua inhoud en doel, een *wetenschappelijke* hypothese te formuleren.

Onderzoeken als probleemoplossen

In Gagné's behavioristische hiërarchie van leerprocessen werd 'probleem-oplossen' gezien als de meest complexe vorm van leren, zonder dat dit overigens werd geanalyseerd in onderliggende denkprocessen. In de daarop volgende cognitivistische benadering kwam hier juist wel de aandacht op te liggen. In veel 'problem solving literatuur' wordt een probleem gedefinieerd als een taak, waarvoor niet onmiddellijk het antwoord beschikbaar is en waarvoor niet een methode beschikbaar is om het antwoord te vinden (Kramers-Pals, 1994, Taconis, 1995; Gott & Duggan, 1995). Dit is een persoons- en tijdsgebonden definitie: of een opdracht in deze zin een probleem is of niet, hangt af van zowel de inhoud als van de capaciteiten van de oplosser op dat moment (Taconis & Ferguson-Hessler, 1994). Om het proces van probleem-oplossen op hoofdlijnen te reguleren wordt vaak gebruik gemaakt van heuristieken zoals SPA (Systematische Probleem Aanpak; Kramers-Pals, 1994), die in tabel 2.2 in zijn meest eenvoudige vorm is weergegeven.

Fase 1: Wat is er aan de hand? (Analyse)
Fase 2: Hoe ga ik het aanpakken? (Plan)
Fase 3: Wat is het antwoord? (Uitwerking)
Fase 4: Kan dat kloppen? (Controle/Commentaar)

Tabel 2.2 - De SPA-heuristiek.

Een dergelijke heuristiek wordt vaak weergegeven in de vorm van een stroomdiagram, waarin wordt aangegeven hoe de fasen van het probleemoplossingstraject - beginnend met de analyse van de probleemstelling, en eindigend met het controleren van de 'oplossing' - idealiter worden doorlopen, al dan niet met terugkoppelingen naar eerdere fasen. Het gaat dan echter altijd om een geïdealiseerde heuristiek: de werkelijkheid is veel grilliger (zie bijvoorbeeld Watson, 1994). Kirschner (1991, p.54-55) beschrijft nog enkele andere voorbeelden van probleemoplossingheuristieken.

Ook onderzoek doen kan worden opgevat als het oplossen van een probleem. Voor leerlingonderzoek als een vorm van probleem-oplossen zijn schema's uitgewerkt, die verwant zijn aan SPA-heuristieken. In figuur 2.1 is daarvan een voorbeeld weergegeven (Woolnough & Allsop, 1985). Dit zogenaamde Assessment of Performance Unit model heeft als model gediend voor de 'investigations' in het Engelse science-onderwijs (dit model is ontwikkeld in het kader van het APU-project, een omvangrijk evaluatieproject dat in de jaren '80 in Engeland is uitgevoerd). Andere voorbeelden zijn te vinden in Brouwers (1995), Van Haren e.a.

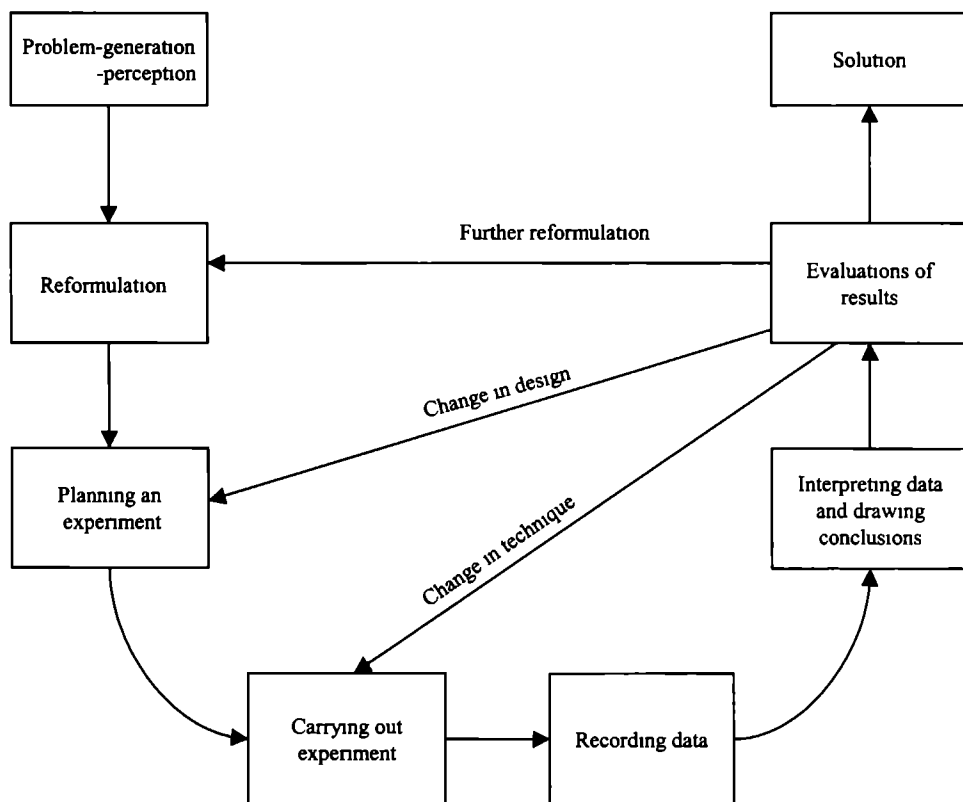
(1986), Rotheram (1987), Screen (1986) en Johnsey (1986). Schema's als die van figuur 2.1 bieden een referentiekader voor de voortgang van een onderzoek, ook al geldt hiervoor uiteraard dezelfde kritiek dat in feite een geïdealiseerd proces wordt weergegeven. Desalniettemin kan het leerlingen (net als de SPA-heuristisch bij het oplossen van problemen) enig houvast bieden bij het plannen van onderzoeksactiviteiten. Bovendien kan het door de docent gebruikt worden bij de begeleiding (feedback) en de beoordeling (evaluatie) van het onderzoek.

Zoals gezegd wordt in veel literatuur over leerlingonderzoek het leren onderzoeken beschreven in termen van onderzoeksvaardigheden. Dit komt er meestal op neer dat de stappen die in een onderzoeksproces moeten worden gezet, geformuleerd worden als concrete (denk)handelingen die leerlingen geacht worden te kunnen uitvoeren bij het doorlopen van een (natuurwetenschappelijk) onderzoek. Voorbeelden van zulke lijsten met onderzoeksvaardigheden zijn te vinden in Fuhrman e.a. (1978), Hellingman (1982), Budding e.a. (1992), Van Haren (1993), Feiner-Valkier (1993) en Van den Berg (1994). Hoewel dergelijke lijsten over het algemeen nogal kunnen verschillen qua detaillering, en vooral ook ten aanzien van de mate waarin meta-cognitieve vaardigheden daarin zijn opgenomen, vertonen ze een zekere gelijkenis in structurering (per onderzoeksfase) en intentie. Het probleem met het op deze wijze formuleren van vaardigheden is echter dat er geen verbinding gelegd wordt met de voor het doen van een onderzoek benodigde kennis.

Nu wordt in de onderwijspsychologische literatuur over het oplossen van problemen deze verbinding vaak gelegd door een onderscheid te maken tussen declaratieve, procedurele, situationele en strategische kennis (zie bijvoorbeeld Ferguson-Hessler, 1989). Hoewel deze kennissoorten in algemene zin wel te definiëren zijn, en in eenvoudige situaties ook wel onderscheidbaar, zijn ze voor complexe onderwijsleeractiviteiten *didactisch* niet goed hanteerbaar. Juist vanwege hun algemene karakter geeft het hanteren van deze kenniskarakterisering nog weinig concrete aanwijzingen ten aanzien van een voor leerlingonderzoek te hanteren didactiek. Daarvoor is deze kenniskarakterisering op zichzelf niet onderzoeksspecifiek genoeg. Zo wordt, bijvoorbeeld, de term procedurele kennis door Taconis (1995) omschreven als 'how to use declarative knowledge', terwijl Boekaerts en Simons (1993) hieronder ook het gebruik van heuristieken verstaan. Dit laatste zou, naar onze indruk, door Taconis en Ferguson-Hessler strategische kennis worden genoemd. Hoe dit ook zij, in ieder geval zijn deze karakteristieken niet specifiek gericht op een karakterisering van de voor een onderzoeksproces relevante kennis.

Nu is het vinden van een meer specifieke beschrijving van de relatie tussen (soorten) kennis en vaardigheden die in het doen van onderzoek een rol spelen ook niet eenvoudig. Immers: 'Doing science is more of a craft activity, relying more on craft skill and tacit knowledge than on the conscious application of explicit knowledge' (Woolnough, 1989, p.117). Dit betekent dat, vanwege deze 'tacit knowledge', voor het leren onderzoeken, altijd persoonlijke ervaring met (en reflectie op) het doen van onderzoek nodig zal zijn, omdat dit nooit voldoende te vatten zal zijn in formuleerbare kennis en vaardigheden, die als zodanig onderwijsbaar zijn. Juist ook vanwege de aan te leren 'kritische houding' ten aanzien van het eigen onderzoeksmatige handelen.

Het APU model



Figuur 2 1 - Het APU-model voor 'een onderzoek doen' in het Engelse science onderwijs Van begin (problem generation) tot eind (solution) wordt een aantal fasen doorlopen, met terugkoppelingen naar eerdere fasen

Desalniettemin is het zaak te proberen hierin zover mogelijk te komen. Een meer inhoudelijke uitwerking, zoals van het PACKS-project lijkt ons hierin een belangrijke stap te zetten.

2.2.4 De PACKS-benadering

Doel van het PACKS (Procedural and Conceptual Knowledge in Science) project was om inzicht te verwerven in de wijze waarop leerlingen onderzoek doen. Daartoe is een model voor leerlingonderzoek ontwikkeld, dat preciezer probeert aan te geven welke inhoudelijke kennis in bepaalde fasen van het onderzoeksproces wordt gebruikt (zie Millar, 1998; Millar e.a., 1994). Dit model is gebruikt om onderzoek te doen naar verschillen in het uitvoeren van onderzoek door leerlingen met toenemende leeftijd en ervaring. Daartoe worden onderscheiden 'declarative knowledge of scientific concepts' en 'procedural knowledge of scientific investigations'. Millar e.a. (1994, p.218) merken over deze laatste categorie op: 'The challenge (...) is to find a satisfactory way to characterize and to talk about procedural knowledge, which will apply equally to all the investigation tasks. (...) This, however, is far from simple. There is no agreed terminology for discussing procedural knowledge in science; terms such as skills, processes, process skills and others have been used, often interchangeably'. Deze terminologie roept opnieuw enige verwarring op met de voorgaande psychologische karakterisering, omdat ze daarmee niet precies overeenstemt. Uitgangspunt voor de kenniskarakterisering in het PACKS-project is een inhoudelijke analyse voor het doen van onderzoek. Daarin speelt immers het kennen en kunnen gebruiken (het begrijpen) van natuurwetenschappelijke concepten een rol ('declarative knowledge' in hun terminologie), alsmede het kennen en kunnen gebruiken van onderzoeksprocedures ('procedural knowledge'). Vandaar dat we hier, vanuit didactisch standpunt gezien, de voorkeur aan geven, te meer daar juist de verdere analyse van deze procedurele kennis, naar ons idee, tot vruchtbare didactische inzichten heeft geleid. Het PACKS-project onderscheidt het volgend viertal kenniscategorieën (waarbij A, C en D behoren tot de 'procedural knowledge' en B tot de 'declarative knowledge'):

A. Frame

Bij het 'frame' gaat het om de manier waarop de aard en het doel van het onderzoek door leerlingen worden opgevat, zoals die blijkt uit hun aanpak. Leerlingen kiezen bij hun onderzoek, bijvoorbeeld, vaak een 'engineering approach' (ze proberen het effect van variabelen te optimaliseren) waar een 'scientific approach' gewenst zou zijn (het verhelderen van de relaties tussen variabelen). Naast deze twee 'frames' worden ook nog het 'modelling frame' (een voorwerp maken of een fenomeen laten plaatsvinden) en het 'engagement frame' (het manipuleren van de apparatuur zonder een duidelijk doel) onderscheiden.

B. Substantive science knowledge

Deze categorie omvat het geheel van feiten, wetten en regels, die betrekking hebben op de inhoud van het vak.

C. Manipulative skills

Deze categorie omvat het kunnen gebruiken van instrumenten en apparaten en het kunnen uitvoeren van standaard meetprocedures. Deze vaardigheden kunnen worden aangeleerd door 'drill and practice'.

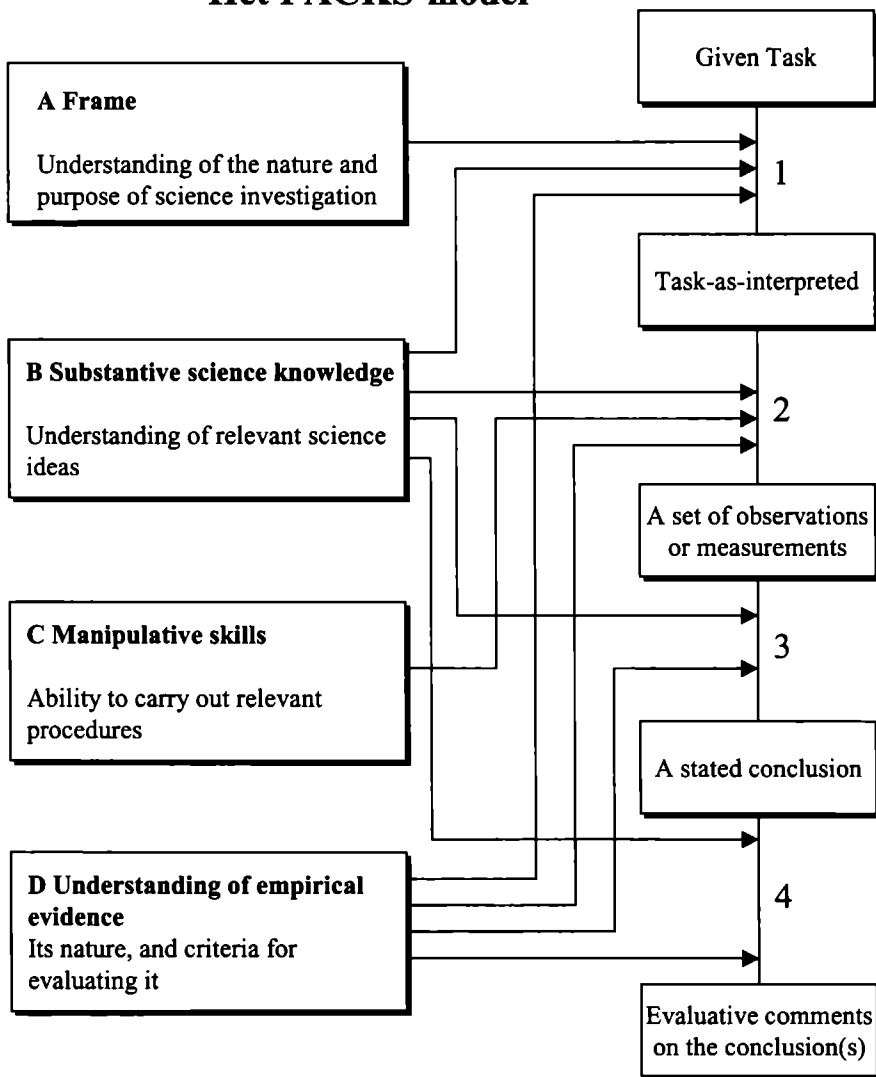
D. Understanding of empirical evidence

Deze categorie verwijst naar het begrijpen van criteria waarmee de kwaliteit van empirisch verkregen bewijsmateriaal (meetuitkomsten, beschrijvingen) kan worden geëvalueerd en getoetst. Deze categorie is nauw verwant aan begrippen als validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek en wordt verderop uitgewerkt. Het belang van deze laatste categorie voor leerling-onderzoek wordt door Millar e.a. (1994) als volgt onder woorden gebracht: 'We believe that this third category of understanding [understanding of evidence] plays a crucial role in determining the quality of children's investigation performance, but that its importance is insufficiently recognized. (...) The understanding of two overarching concepts, however, appears to be crucial to performance on investigation tasks: the ideas of reliability of an observation or measurement, and of validity of a set of observations or measurements in relation to the purpose of the investigation task.' (Millar e.a., 1994; pg. 219). Hierin herkennen we dus een (gedeeltelijke) operationalisering van de 'wetenschappelijke houding', d.w.z. het jezelf voortdurend de vraag stellen in hoeverre datgene wat je doet te verantwoorden is als het best mogelijke in de gegeven omstandigheden.

In figuur 2.2 is het PACKS-model weergegeven. Het rechter deel van het model correspondeert met het eerder beschreven APU-model voor onderzoek (figuur 2.1). Het verschil met het APU-model betreft de representatie van het onderzoeksproces: gekozen is voor het weergeven van tastbare 'eindproducten' per fase, in plaats van de fasen zelf. Deze zijn in het model te herkennen als de stappen 1 t/m 4 tussen de vijf stadia van het onderzoek: 'Given Task', 'Task-as-interpreted', 'A set of observations or measurements', 'A stated conclusion', en 'Evaluative comments on the conclusion(s)'. Het linker deel van het schema visualiseert de vier categorieën van kennis/vaardigheden en inzicht: A) Frame; B) Substantive science knowledge; C) Manipulative skills en D) Understanding of empirical evidence.

Verder is aangegeven op welke van de vier fasen in het onderzoeksproces ze inwerken, en daarmee wordt de verbinding van inhoudelijke kennis en procedurele vaardigheden expliciet gemaakt. Dat de categorieën B en D invloed hebben op elke stap in het onderzoeksproces spreekt voor zich. Dat gebeurt echter wel steeds op verschillende manieren, passend bij de aard van de stap in kwestie. De invloed van categorie A vinden we met name terug bij stap 1 (maar heeft wel z'n invloed op het verdere verloop van het onderzoek) en categorie C is relevant in stap 2. De categorieën 'substantive science knowledge' en 'manipulative skills' spreken voor zich. De categorie 'understanding of empirical evidence' wordt hieronder nader toegelicht.

Het PACKS-model



Figuur 2.2 - Het PACKS-model. Links de vier categorieën van kennis, vaardigheden en inzicht en rechts de vijf stadia van het onderzoek.

2.2.5 Criteria voor onderzoek met kwaliteit

De belangrijkste boodschap van het PACKS-project is dat bij het opzetten en uitvoeren van onderzoek ook een (onderzoeks)kennisdomein hoort, en dat vaardigheden zich mede op basis van deze kennis ontwikkelen. Daarbij is met name de kenniscategorie 'understanding of empirical evidence' cruciaal voor wat je 'leren natuurwetenschappelijk onderzoeken' kunt noemen, maar deze blijft in de didactiek daarvan veelal onderbelicht. Vandaar dat we hier verder op ingaan. In het PACKS-model wordt deze categorie omschreven als 'understanding of criteria for assessing and evaluating the quality of empirical evidence' (Millar e.a., 1994, p.218). Of, anders gezegd, de kwaliteit van een onderzoek, waarbij de conclusie gebaseerd is op empirisch verkregen gegevens hangt nauw samen met de mate waarin aandacht is besteed aan twee centrale begrippen: *validiteit* en *betrouwbaarheid* (Yin, 1994). Het begrip validiteit ('valide' betekent 'van waarde') heeft te maken met de geldigheid die het onderzoek heeft in relatie tot de onderzoeksvraag: komt het onderzoek overeen met datgene waarover een uitspraak wordt gedaan. Is gemeten wat beoogd werd? (Baarda & De Goede, 1995; Tromp & Rietmeijer, 1989). Het begrip betrouwbaarheid betekent in onderzoekstermen: geeft de meting onder dezelfde condities steeds dezelfde uitslag (reproduceerbaarheid)? En binnen welke grenzen dan wel (nauwkeurigheid)? Deze begrippen zijn uiteraard niet nieuw. Ze vormen de hoofdeisen die de kwaliteit van een onderzoek bepalen. Voor wat betreft het onderwijs zijn elementen hiervan soms, in de een of andere vorm, impliciet terug te vinden in de definitieve eindtermen voor de Tweede Fase en de kerndoelen voor de Basisvorming. De vraag naar een didactiek van leren onderzoeken, waarin de kwaliteit van het onderzoek vooropstaat, houdt echter in dat aan deze aspecten expliciet aandacht wordt besteed, zodat leerlingen deze begrippen inzichtelijk kunnen hanteren.

Gott en Duggan (1995) hebben een poging gedaan voor de kenniscategorie 'understanding of empirical evidence' zogenaamde 'concepts of evidence' te definiëren (bijlage 2.1). Deze 'concepts of evidence' bestaan uit kennisaspecten van onderzoek, die leerlingen niet alleen zouden moeten beheersen, maar waarvan ze ook het belang zouden moeten leren inzien teneinde de betreffende onderzoeksfase met voldoende kwaliteit te kunnen uitvoeren. Het gaat er dus enerzijds om de leerlingen deze 'onderzoekskennis' te leren, en anderzijds de leerlingen te brengen tot een voortdurend kritische reflectie op de kwaliteit van hun eigen werk: de eerder genoemde 'wetenschappelijke houding'. De vraag wordt dan hoe dit op leerlingniveau vorm kan worden gegeven, op een voor docenten en leerlingen hanteerbare manier. Om de 'concepts of evidence' meer geschikt te maken voor de Nederlandse onderwijssituatie zijn ze voor dit onderzoek omgewerkt naar een lijst met cognities (tabel 2.3A). Daarnaast is een aan deze lijst gerelateerde lijst met reflectievragen opgesteld, die (door leerlingen reflectief en door docenten feedbackmatig) gebruikt kan worden om tijdens het onderzoek te reflecteren op het toepassen van de cognities (tabel 2.3B). Beide lijsten zijn in samenhang bedoeld als een operationalisering van het begrip kwaliteit van onderzoek.

A Kennis en vaardigheden m b t kwaliteit van leerlingonderzoek

Voorbereiding

- Begrijpen wat een duidelijke onderzoeksvraag is en hoe een dergelijke vraag is op te stellen
 - Begrijpen wat een variabele is, welke variabele moet worden gevarieerd, welke variabele moet worden gemeten en welke variabele(n) constant moet(en) worden gehouden
 - De relatie begrijpen tussen de keuze van het meetinstrument en wat je wilt gaan meten m b t de schaal-keuze, het meetgebied, de spreiding en de nauwkeurigheid
 - Begrijpen wat een geschikte opstelling is en hoe je een geschikte opstelling bouwt voor wat je wilt gaan meten
-

Uitvoering

- Begrijpen dat het herhalen van metingen noodzakelijk is voor de betrouwbaarheid
 - Begrijpen hoe je uit je metingen het gemiddelde bepaalt
-

Afsluiting

- Begrijpen dat er een relatie bestaat tussen de onderzoeksgegevens en het type grafiek, en hoe je het juiste type grafiek kunt kiezen bij de onderzoeksgegevens
 - Begrijpen wat een goede conclusie is en hoe je die uit je metingen kunt trekken
 - Begrijpen dat de resultaten slechts in een beperkt gebied geldig zijn
-

Evaluatie

- Begrijpen wat een valide onderzoek is en wat de relatie is met de wijze waarop het onderzoek is opgezet
 - Begrijpen wat een betrouwbaar onderzoek is en wat de relatie is met de wijze waarop de metingen zijn gedaan
-

Tabel 2 3A - Een lijst met kennis en vaardigheden met betrekking tot de kwaliteit van leerlingonderzoek

B Reflectievragen m b t kwaliteit van leerlingonderzoek

Voorbereiding

- Is je onderzoeksvraag duidelijk geformuleerd? Heb je alle begrippen in de onderzoeksvraag duidelijk omschreven?
 - Welke variabelen ga je variëren en welke ga je meten? Welke variabelen moeten constant worden gehouden?
 - Is het meetinstrument dat je wilt gebruiken wel geschikt voor wat je wilt meten?
 - Is de opstelling die je wilt gebruiken wel geschikt voor wat je wilt gaan meten?
-

Uitvoering

- Zijn de metingen die je gedaan hebt herhaalbaar? En komt er dan ongeveer hetzelfde uit?
 - Heb je je metingen een paar keer herhaald voor het bepalen van het gemiddelde?
-

Afsluiting

- Heb je het goede type grafiek gekozen?
 - Heb je de goede conclusie getrokken?
 - Heb je aangegeven binnen welk gebied je onderzoeksresultaten geldig zijn?
-

Evaluatie

- Hoe zeker ben je van het antwoord op je onderzoeksvraag? Hoe betrouwbaar is dat?
-

Tabel 2 3B - Een lijst van reflectievragen met betrekking tot de kwaliteit van leerlingonderzoek

2.2.6 Conclusies

Uit het bovenstaande kan het volgende worden geconcludeerd:

- Het laten uitvoeren van onderzoek door leerlingen dient, in tegenstelling tot 'standaard' practicum, vooral gericht te zijn op het aanleren en gebruiken van kennis en vaardigheden die te maken hebben met de manier waarop binnen de natuurwetenschappen tot kennis kan worden gekomen.
- Aan de wetenschapsfilosofie is geen eenduidige methode te ontleen die model kan staan voor het didactisch vormgeven van leerlingonderzoek. Wel levert deze filosofie inzicht op in belangrijke redeneerwijzen die in onderzoek doen een rol spelen. Een psychologische analyse van de wijze waarop onderzoekers onderzoek doen geeft verder inzicht in wetenschappelijke denkprocessen. Ook dit inzicht is echter didactisch nog onvoldoende hanteerbaar. Dit geldt ook voor een probleemoplossingsbenadering van onderzoek doen.
- In het PACKS project heeft een verdere uitwerking plaatsgevonden van de soorten kennis die een rol spelen bij het doen van onderzoek. Een belangrijke kenniscategorie daarbij is kennis van en inzicht in de validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek doen. Deze categorie dient daarom een centrale plaats in te nemen in een didactiek voor leren onderzoeken. Het is met name deze categorie die een middel biedt om bij leerlingen de noodzakelijke houding van kritische distantie en reflectie t.a.v. het eigen onderzoeksmatige handelen te ontwikkelen. Het is ook deze categorie die in de gebruikelijke discussie over onderzoeksvaardigheden te weinig aandacht krijgt. Vandaar dat wij er hier voor willen pleiten om daarin verandering te brengen. Daarvoor zal dan echter eerst meer ervaring moeten worden opgedaan met de manier waarop dit didactisch goed kan worden vorm gegeven.

In de volgende paragraaf zullen we aan de hand van de in tabellen 2.3A en 2.3B geformuleerde lijsten nagaan in hoeverre daarop een didactiek voor leren onderzoeken is te baseren.

2.3 EEN DIDACTIEK VOOR LEREN ONDERZOEKEN

2.3.1 Inleiding: een didactisch raamwerk

In deze paragraaf wordt een mogelijke opzet van een didactiek voor leren onderzoeken besproken. Daarin is van belang dat er rekening wordt gehouden met de onderstaande componenten (vgl. Peters, 1985; Driver & Oldham, 1986; Standaert & Troch, 1994):

- *Opvattingen over leren en onderwijzen.* Het vaststellen van deze opvattingen is van belang voor de onderwijsleerprocessen die plaatsvinden.
- *Doelen en inhouden.* Beide zijn op elkaar betrokken en impliceren elkaar: op basis van beoogde doelen worden inhouden gekozen.
- *Beginsituatie.* Hierbij gaat het om het vaststellen van de kennis en vaardigheden van leerlingen bij aanvang van het leertraject.

- *Vormgeving.* Bij het kiezen van de vormgeving van het onderwijs gaat het zowel om de keuze van de activiteiten en werkvormen die worden gebruikt, als om de structurering van deze activiteiten en werkvormen in het onderwijsproces.
- *Wijze van evalueren.* Bepaald moet worden hoe zal worden nagegaan of de leerlingen de gestelde doelen hebben bereikt.

De hierboven genoemde componenten worden in deze paragraaf achtereenvolgens besproken voor het leren onderzoeken, waarbij het accent met name ligt op validiteit en betrouwbaarheid.

2.3.2 Opvattingen over leren en onderwijs

Er is de afgelopen decennia veel onderzoek verricht naar het leren van natuurkunde. Zie bijvoorbeeld Fraser en Tobin (1998). Dit onderzoek heeft aangetoond dat het leren begrijpen van natuurkundige inhoud door leerlingen geen vanzelfsprekende zaak is (Vollebregt, 1998, p.2-3). Aanvankelijk was de interpretatie dat bij veel leerlingen zogenaamde 'misconcepties' bestonden over uiteenlopende natuurkundige onderwerpen: onderwezen theorieën en modellen bleken op een onjuiste manier te worden opgenomen en verwerkt. Zo vond bijvoorbeeld Viennot (1979), dat zelfs veel universitaire studenten de wetten van Newton foutief toepassen. Soortgelijke problemen werden door andere onderzoekers op verschillende andere gebieden van de natuurkunde gevonden, zoals thermodynamica, elektriciteit en licht. Veel van deze misconcepties werden niet slechts bij enkele leerlingenesignaleerd, maar leken bijna algemeen aanwezig.

Bij verdere analyse bleken deze 'misconcepties' toegeschreven te kunnen worden aan de negatieve invloed van onderwijs op aanwezige 'preconcepties' bij leerlingen, dus in feite aan inadequaat onderwijs. Onder preconcepties wordt hier verstaan de opvattingen van leerlingen over een zeker (natuurkundig) onderwerp voordat dat is onderwezen. Er is veel onderzoek gedaan om deze preconcepties te beschrijven (zie o.a. Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Carey e.a., 1989) en om onderwijs te ontwikkelen dat daar in positieve zin rekening mee zou kunnen houden. Dit 'betere' onderwijs is in belangrijke mate geïnspireerd door de 'alternative framework movement', die zijn wortels heeft in het vroegere werk van Piaget (Johnson & Gott, 1996; Lijnse, 1998), en door het constructivisme.

Het constructivisme baseert zich op het uitgangspunt dat kennis niet passief wordt overgenomen, maar actief door de lerende wordt geconstrueerd (zie Boersma (1995) voor een overzicht). Dit constructivistische uitgangspunt over kennisverwerving heeft geleid tot uitgebreide filosofische beschouwingen over epistemologie en ontologie (zie Matthews, 1994), maar die laten we hier achterwege. Voor het leren van natuurkunde is het slechts van belang na te gaan welke implicaties het constructivistische uitgangspunt heeft voor de praktijk van het onderwijs. Dit door Lijnse (1998) zo genoemde 'didactische constructivisme' richt zich, uitgaande van de hierboven beschreven 'triviaal' constructivistische visie op kennisverwerving, met name op het zoeken van wegen die kunnen leiden tot verbetering van het onderwijs (Lijnse, 1998). Hierbij gelden twee globale uitgangspunten: naast het besef dat

kennis door de lerende actief wordt geconstrueerd, geldt dat leren bij voorkeur geen individuele activiteit is, maar tot stand komt in een onderlinge dialoog tussen mensen. Op een meer algemeen niveau zijn door Ogborn (1997) enkele globale uitgangspunten geformuleerd, die hij van belang acht voor wat hierboven didactisch constructivisme is genoemd. Deze zijn samengevat (vgl. Ogborn, 1997; pg.131):

- 'The importance of the pupil's active involvement in thinking if anything like understanding is to be reached;
- The importance of respect for the child and for the child's own ideas;
- That science consists of ideas created by human beings;
- That the design of teaching should give high priority to making sense to pupils, capitalising and using what they know and addressing difficulties that may arise from how they imagine things to be.'

Wat is van het bovenstaande nu bruikbaar voor een didactiek van leren onderzoeken? Uitgaande van het besef dat kennisverwerving iets is dat leerlingen zelf moeten doen, en waarbij communicatie een essentiële functie vervult, zal een leeromgeving moeten worden gecreëerd waarin dat mogelijk is. Nu is het voor het opzetten en uitvoeren van een onderzoek zeer goed mogelijk aan deze uitgangspunten te voldoen. In de volgende paragrafen wordt dit nader uitgewerkt.

2.3.3 Doelen en inhouden van leren onderzoeken

Het doel van leren onderzoeken is eerder omschreven als het door leerlingen laten ontwikkelen van kennis en vaardigheden, die betrekking hebben op het doen van onderzoek als een belangrijke methode om kennis te verwerven, en deze kennis en vaardigheden door de leerlingen in samenhang te laten toepassen in een door hen zelf op te zetten en uit te voeren onderzoek. Het 'leren onderzoeken' omvat zowel een kenniscomponent met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek (al dan niet aangeleerd in de 'gewone' lessen) als een toepassingscomponent, waarbij de leerlingen deze kennis toepassen door onderzoek te doen. In tabel 2.3 van paragraaf 2.2 is de inhoud van deze kenniscomponent beschreven. Op de inhoud en vormgeving van het leerlingonderzoek wordt hieronder nog nader ingegaan.

2.3.4 Beginsituatie van de leerlingen

De vraag is wat we in het algemeen kunnen zeggen over aanwezige kennis, vaardigheden en opvattingen bij leerlingen van 13 en 14 jaar over onderzoek doen op het moment dat ze in leerjaar twee starten met leren onderzoeken. Er is natuurlijk per school, per niveau en zelfs per leerling flink wat verschil in ervaring en perceptie aanwezig. Toch kan een globale indicatie hiervoor verkregen worden uit onderzoek dat is gedaan naar voorkennis. De beginsituatie van leerlingen t.a.v. onderzoek doen omvat: (1) de voor het onderzoek noodzakelijke

vakkennis en vaardigheden; (2) opvattingen over wetenschappelijk onderzoek; en (3) ideeën over validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek.

Vakkennis en vaardigheden

Wat betreft de voor het onderzoek noodzakelijke vakkennis en vaardigheden geldt, dat de leerlingen een bepaalde basiskennis hebben voordat ze met onderzoek starten, en dat ze de meest elementaire meetinstrumenten beheersen. Zeker in het begin van het tweede leerjaar, waar natuur- en scheikunde een nieuw vak is, zullen deze vakkennis en vaardigheden nog nauwelijks aanwezig zijn. Dat betekent dat met het doen van onderzoek niet meteen kan worden begonnen. Is de voorkennis voor een onderzoek niet voldoende, en dat zal regelmatig voorkomen, dan zal de leerling zich dat zelf eigen moeten maken.

Opvattingen over wetenschappelijk onderzoek

Wat betreft de opvattingen van leerlingen over wetenschappelijk onderzoek of over de 'nature of science' is het een en ander aan onderzoek gedaan. Zie bijvoorbeeld Carey e.a. (1989), en Newton en Newton (1992). Driver e.a. (1996) hebben onderzoek gedaan naar 'The development of pupils' understanding of the nature of science'. Daartoe werden vijf opdrachten ontwikkeld, die elk werden voorgelegd aan ca. 30 groepjes leerlingen van 9, 12 en 16 jaar, en deze groepjes werden over deze opdrachten geïnterviewd. Op basis van de onderzoeksgegevens konden drie typeringingen worden gegeven voor de wijze waarop leerlingen praten over natuurwetenschappen: 'Phenomenon-based reasoning', 'Relation-based reasoning' en 'Model-based reasoning'. Relation-based reasoning werd het meest aangetroffen bij leerlingen tussen 12 en 16 jaar. Voor experimenteren betekent dit onder andere enig besef van het doen van gecontroleerde interventies in fenomenen (bijvoorbeeld eerlijk vergelijken), en het identificeren van variabelen. Verder hebben leerlingen in deze leeftijdscategorie het idee dat met het doen van proeven theorieën kunnen worden bewezen.

Ideeën over validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek

Wat betreft de aanvankelijke kennis en vaardigheden van onderbouwleerlingen m.b.t. validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek rapporteren Gott en Duggan (1995) over Angelsaksisch onderzoek in relatie tot de door hen opgestelde 'concepts of evidence'. Hun conclusies luiden dat over het algemeen de leerlingen hun onderzoek goed kunnen structureren. Wat betreft het omgaan met variabelen hebben ze er vaak moeite mee om een variabele (bijvoorbeeld temperatuur) als een continue variabele te zien. Ook nemen de problemen toe met het aantal onafhankelijke variabelen, zeker als ze wat lastig te identificeren zijn. Bij de leerlingen is wel een notie van wat een 'eerlijke test' genoemd zou kunnen worden, maar het vermoeden bestaat dat ze niet de relatie zien met de validiteit van de verkregen data. Onderbouwleerlingen hebben een redelijk idee over metingen doen, maar herhalen metingen zelden. Wat betreft het verwerken van de data worden voor het noteren van meetresultaten vaak geen tabellen gebruikt. Het gebruik van grafieken om bepaalde verbanden te vinden gebeurt beperkt en vaak foutief.

Lubben en Millar (1996) hebben in het kader van het PACKS project onderzoek gedaan naar de ideeën van leerlingen ten aanzien van betrouwbaarheid van experimentele data. Daarbij werd gebruik gemaakt van een serie toetsvragen over onderzoekssituaties waarin validiteit en betrouwbaarheid van gemeten data aan de orde werden gesteld. Deze toetsvragen werden voorgelegd aan leerlingen van 11 jaar (ca. 200), van 13 jaar (ca. 200) en van 15 jaar (ca. 120). De vragen ten aanzien van de betrouwbaarheid van data hadden betrekking op: 'reasons for doing (or not doing) repeated measurements; ways of handling repeated measurements; ways of dealing with measurements which are far from the others; and the significance of the spread of the results'. Er werd een tabel opgesteld met gesignaleerde begripsniveaus t.a.v. het verzamelen en evalueren van empirisch verkregen gegevens. In deze niveaus, waarvan in tabel 2.4 de twee uitersten zijn weergegeven, werd een grote spreiding gevonden. Een algemene conclusie die met betrekking tot dit aspect van onderzoek doen kan worden getrokken voor leerlingen van 13 jaar, is dat het verzamelen van betrouwbare gegevens als onderbouwing van de conclusie voor hen geen vanzelfsprekende zaak is.

<i>level</i>	<i>View of the process of measuring</i>	<i>How to evaluate your result</i>	<i>What to do with readings which differ appreciably from most of the others</i>
A	Measurement is straightforward; measure once and you will get the right value.	Not an issue. A measurement is correct.	Not an issue.
(...)	(...)	(...)	(...)
H	Carefull measurements may get close to the right value of the quantity you are measuring but you can never be sure you have found it. Taking an average of several measurements allows for this.	Can be evaluated from 'inside'. The spread of the measurements is an indication.	It is appropriate to exercise a judgement about the set of data, and reject anomalous results before taking an average. The mean of some sets of data, therefore, may be better than of others.

Tabel 2.4 - De twee uiterste 'levels of students' understanding of the collection and evaluation of empirical data' (Lubben & Millar, 1996).

Conclusies

Het beeld dat uit bovengenoemd onderzoek te vormen valt over de 14-jarige leerling komt redelijk goed overeen met het beeld dat Nederlandse docenten in gesprekken geven over hun ervaringen in de lessen. Dit beeld kan als volgt worden omschreven. Leerlingen van 13 en 14 jaar:

- kunnen redelijk overweg met het begrip 'eerlijk vergelijken' in experimenten waar ze met een beperkt aantal variabelen te maken hebben. Ze koppelen het 'eerlijk vergelijken' over het algemeen niet aan de validiteit van het onderzoek;

- hebben veel vertrouwen in meetapparatuur: instrumenten geven altijd de goede waarde aan. Daardoor is één meting over het algemeen voldoende;
- maken lang niet altijd gebruik van tabellen om daar hun meetwaarden in onder te brengen;
- maken lang niet altijd gebruik van grafieken om naar een verband tussen twee grootheden te zoeken.

2.3.5 Vormgeving: structurering van activiteiten en werkvormen

Het leren onderzoeken omvat enerzijds een kennisdomein, en anderzijds het in samenhang toepassen van deze kennis door onderzoek te doen. In deze subparagraaf bespreken we enkele manieren waarop het leren onderzoeken kan worden vormgegeven en hoe theorie en toepassing zich daarin tot elkaar verhouden. In deze bespreking speelt mee in hoeverre de vormgeving beantwoordt aan de eerder gegeven kenmerken voor een didactisch constructivistische aanpak.

De structurering

Voor de structurering van leren onderzoeken kunnen we kiezen uit een drietal min of meer onderscheidbare manieren van aanpak. Hieronder worden ze alle drie besproken.

A Het oefenen van deelaspecten van onderzoek

Het idee hierachter is dat de leerlingen de afzonderlijke stappen van een onderzoek apart oefenen, te beginnen met de meest eenvoudige, en dat ze op het eind deze afzonderlijke stappen integreren in een afsluitend onderzoek. De stappen kunnen in combinatie met de theorie afzonderlijk worden voorbereid en geëvalueerd. We vinden deze benadering min of meer terug in de didactiek van de eerder beschreven methode S-APA (paragraaf 2.2.3), waarbij het onderzoeksproces is opgedeeld in een serie basisprocessen en geïntegreerde processen, die allen afzonderlijk en na elkaar worden geoefend. Hoewel de behavioristische onderbouwing van S-APA plaats heeft gemaakt voor een meer cognitivistische benadering is gebleken dat deze aanpak 'an sich' niet effectief bijdraagt tot het leren onderzoeken.

B Het laten toenemen van de openheid van onderzoek

Hieronder verstaan we het volgende: de leerlingen voeren een aantal onderzoekjes uit, waarvan een steeds groter deel aan het initiatief van de leerlingen wordt overgelaten. Voorbeelden van wat we hier het *lineaire model* zullen noemen, vinden we in de manier waarop onder andere Falk e.a. (1974), Lock (1990), Watts (1991), Tamir (1991), Jones e.a. (1992), Taconis & Ferguson-Hessler (1994), en zeer recentelijk Van Tilburg (1999) de ontwikkeling van kennis en vaardigheden voor het doen van onderzoek in het curriculum denken op te kunnen bouwen. Zo werken Falk e.a. (1974) het begrip openheid voor biologiepracticum uit in de vorm van een zestal vrijheidsgraden bij het uitvoeren van practicum. Bij vrijheidsgraad I wordt alleen de uitvoeringsfase door de leerlingen zelf gedaan. Bij vrijheidsgraad VI worden alle onderzoeksfasen door de leerlingen zelf ingevuld. In de optiek van Falk e.a. zou er vanaf

de brugklas een opbouw in openheid kunnen plaatsvinden, beginnend met de illustratieve practica met vrijheidsgraad I en eindigend met de geheel open variant.

Lock (1990) maakt een onderscheid tussen 'closed ended' en 'open ended' enerzijds en 'teacher directed' en 'student centred' anderzijds. De termen 'closed ended' en 'open ended' refereren aan het resultaat van het onderzoek en aan het feit of er meer dan één oplossing, ontwerp of antwoord mogelijk is. Lock onderscheidt ook de door Falk e.a. genoemde dimensie, die te maken heeft met de sturing van de onderwijsleeractiviteit (teacher directed versus student centred).

Watts (1991) onderscheidt 'given problems' (waar het doel en de strategie wordt gegeven), 'goal problems' (waar alleen het doel is gegevens) en 'own problems' (waar noch doel noch strategie bekend zijn en waar een eigen probleem wordt geformuleerd). Een soortgelijke onderverdeling wordt ook gehanteerd door Tamir (1991). In zijn 'levels of inquiry' wordt onderscheid gemaakt tussen 'problems', 'procedures' en 'conclusions' (zie tabel 2.5)

Level of inquiry	Problems	Procedures	Conclusions
level 0	given	given	given
level 1	given	given	open
level 2	given	open	open
level 3	open	open	open

Tabel 2.5- Levels of inquiry in the science laboratory (Tamir, 1991).

Het OPENS-project kent drie continua van openheid: voor 'defining the problem', 'choosing a method' en 'arriving at solutions'. Op elk continuüm kan gescoord worden tussen 'closed' en 'open' (zie Jones e.a., 1992; pg. 5).

Taconis en Ferguson-Hessler (1994) onderscheiden t.a.v. de 'oplossing' van problemen een continuüm dat loopt van 'gesloten' (er is maar één oplossing mogelijk) tot 'open' (er zijn meer oplossingen en wegen mogelijk). Verder onderscheiden ze met betrekking tot de beschrijving van het probleem een continuüm dat loopt van 'well-defined' tot 'ill-defined'.

Van Tilburg (1999) tot slot stelt voor de openheid van onderzoeksopdrachten te laten toenemen naarmate de leerlingen meer onderzoek hebben gedaan (zie ook Falk e.a., 1974). De opbouw in openheid is weergegeven in tabel 2.6. In de tabel wordt met D bedoeld dat de docent de activiteit stuurt in de betreffende fase van het onderzoek. Een L betekent dat de leerling in deze fase de activiteit stuurt. De niveaus kunnen als volgt worden omschreven: niveau 1 is het kookboekpracticum; niveau 2 wordt omschreven als een open practicum: de leerling mag ook het werkplan opstellen; niveau 3 is een onderzoekspracticum: de leerling mag nu ook de onderzoeksvraag formuleren; op niveau 4 is er sprake van een open onderzoek: de leerling draagt de verantwoordelijkheid voor de volledige sturing van het onderzoek.

niveau van de openheid van een opdracht	1	2	3	4
onderwerp kiezen	D	D	D	L
onderzoeksvraag opstellen	D	D	L	L
werkplan opstellen	D	L	L	L
meetgegevens verzamelen	L	L	L	L
verslag schrijven	L	L	L	L

Tabel 2.6- Niveaus van openheid volgens van Tilburg (1999). D = docentgestuurd; L = leerlinggestuurd.

Hoewel de bovenstaande beschrijvingen op details van elkaar verschillen, hebben ze gemeenschappelijk dat in alle gevallen er sprake is van een groei in openheid. Dat betekent dat er bij het leren onderzoeken een steeds groter deel van het onderzoek aan de verantwoordelijkheid van de leerling wordt overgelaten. De groei in openheid vindt logischerwijs plaats 'van achteruit'. Hiermee wordt bedoeld dat in eerste instantie het meten en de uitwerking daarvan aan de leerlingen wordt overgelaten, en dat pas op het eind het initiatief voor een eigen vraag aan de leerlingen wordt gegeven.

De vraag is welke relatie er in deze aanpak bestaat met de aan te leren 'onderzoekskennis'. De leerlingen kunnen op elke volgende stap worden voorbereid door per stap de kennis over de kwaliteit van onderzoek uit te breiden. Op deze manier kan elke ronde onderzoek systematisch worden voorbereid en nabesproken.

C De leerlingen in het diepe gooien

De vormgeving van wat we hier het *holistische model* noemen, is bijvoorbeeld terug te vinden bij Woolnough (1989), Toh e.a. (1990) en Hodson (1992). Kenmerkend voor dit model is dat de leerlingen hun kennis en vaardigheden steeds toepassen in een aantal complete authentieke (dus door de leerlingen zelf bedachte en uitgevoerde) onderzoekjes, die in complexiteit toenemen. Woolnough (1989, p.121) verwoordt deze aanpak als volgt: 'Students learn to do scientific investigations by actually doing scientific investigations, simple ones at first but complete investigations none the less, becoming more sophisticated as confidence and experience increase'. De relatie tussen het uitvoeren van onderzoek en de kennis over kwaliteit van onderzoek is hier problematisch. Dat houdt in dat deze per onderzoek en per leerling (of groep van leerlingen) verschillend is. Voorbereiding op en bespreking van elke ronde onderzoek is voor elke leerling anders en voor een groot deel afhankelijk van het initiatief dat de leerling zelf hierin neemt.

Een variant hierop is hetgeen Foulds en Gott (1988) beschrijven voor de Engelse onderwijs situatie m.b.t. het uitvoeren van 'investigations' (waarbij de onderzoeksvragen zijn gegeven en variabelen een centrale plaats innemen). Ze geven een structurering op basis van een toename in de moeilijkheidsgraad van het type onderzoek. Daarbij onderscheiden ze een viertal typen. Het eerste type betreft een enkele categorische variabele, het tweede type betreft

een enkele continue variabele, bij het derde type worden leerlingen geacht met twee onafhankelijke variabelen te werken, en het vierde type tot slot betreft een ontwerponderzoek.

Samenvattende conclusie

Omdat het hierboven beschreven model, waarbij deelvaardigheden 'sec' worden ingeoeffend, gezien de bewezen geringe effectiviteit niet in aanmerking komt voor een door ons te kiezen didactische aanpak, beperken we onze bespreking tot het holistische en het lineaire model.

In het holistische model worden de leerlingen min of meer 'in het diepe' gegooid door ze zelf het initiatief voor het onderzoek in handen te geven. Een voordeel van deze benadering is dat de leerlingen actief en gemotiveerd bezig zijn met – en zelf richting kunnen geven aan – een onderzoek, waarvan ze de onderzoeksvraag zelf hebben gekozen. Het ontwikkelen van gericht lesmateriaal voor validiteit en betrouwbaarheid in de 'gewone' lessen als voorbereiding op het doen van onderzoek vraagt in deze aanpak veel extra zorg, omdat deze concepten vanaf het begin in samenhang aan de orde zijn. Een ander nadeel is dat de door de leerlingen zelf gekozen onderzoeksvraag lang niet altijd onderzoekbaar is, en dat de leerlingen dat niet kunnen overzien. De docent zal dan flink moeten begeleiden om ervoor te zorgen dat het onderzoek uitvoerbaar wordt.

In het lineaire model krijgen de leerlingen complete onderzoeksopdrachten, waarvan ze een steeds groter deel zelf mogen voorbereiden, uitvoeren en verwerken. Het didactische voordeel is dat alle leerlingen eenzelfde soort opdracht krijgen en dat de handelingen en prestaties van de leerlingen beter beheersbaar en controleerbaar zijn. Ook kan het te ontwikkelen ondersteunend lesmateriaal steeds expliciet gericht zijn op een enkel aspect van validiteit en betrouwbaarheid, en kan de docent zijn begeleiding en wijze van evalueren steeds richten op dit aspect. Een nadeel is het feit dat de verschillende fasen van het onderzoek niet allemaal zelf door de leerlingen worden uitgevoerd, waardoor wellicht de samenhang verloren gaat. Ook lijkt de kans op motivatie van de leerlingen wat minder groot doordat ze de onderzoeksvraag niet zelf hebben gekozen.

In onze optiek biedt voor de onderbouw het lineaire model met de groei in openheid de beste mogelijkheden om zowel kennis als vaardigheden in relatie tot elkaar binnen de context van compleet onderzoek te ontwikkelen, waarbij er voldoende controle is op het leerproces. De vraag is wel in hoeverre e.e.a. aansluit bij de eerder beschreven constructivistische opvatting over leren. Naar onze mening biedt deze aanpak hiertoe voldoende mogelijkheden, mits de vragen zorgvuldig gekozen worden – er kan de leerlingen ook een zekere keuze gelaten worden – en de docent in zijn begeleiding zorgt voor een actieve interactie met de leerlingen, en de onderlinge communicatie tussen de leerlingen bevordert. Wat betreft het ontwikkelen van lesmateriaal over de kennis over kwaliteit van onderzoek kan in dit stadium nog geen concreet voorstel worden gedaan. Dit zullen de docenten, in samenwerking met experts, binnen de context van het leren onderzoeken bij hen op school samen kunnen ontwikkelen.

2.3.6 Wijze van evalueren

Een essentieel onderdeel van de didactiek van leren onderzoeken vormt de beoordeling van het onderwijsleerproces en van het leerresultaat. In deze paragraaf komen achtereenvolgens aan de orde wat de functies van het beoordelen kunnen zijn, wat moet worden beoordeeld, en welke methoden daarbij kunnen worden gebruikt. Daarbij wordt geput uit hetgeen er geschreven is over zowel het beoordelen van practicum als het beoordelen van leerlingonderzoek, omdat beiden een aantal gemeenschappelijke elementen hebben. Tot slot wordt aangegeven welke vormen van beoordeling op basis van welke argumenten worden voorgesteld in de didactiek van leren onderzoeken.

Functies van beoordeling

Het beoordelen van leerlingvorderingen kan verschillende functies hebben. Over het algemeen wordt onderscheid gemaakt tussen *formatieve beoordeling* (gebruikt voor diagnostische doelen om zowel leerlingen als docenten feedback te geven, teneinde de voortgang te beschrijven en het onderwijsleerproces te verbeteren), en *summatieve beoordeling* (om bijvoorbeeld met een cijfer vast te kunnen stellen welk niveau leerlingen aan het eind van een leerproces gehaald hebben, op basis waarvan al dan niet toelating kan plaatsvinden tot een volgend leerjaar of tot vervolgonderwijs) (zie bijv. Fairbrother, 1989; Gott & Duggan, 1995; Black, 1998). Het summatief beoordelen op het eind van een leerproces stelt andere eisen aan de aard van de toets dan het formatief beoordelen. Zo zijn validiteit en betrouwbaarheid belangrijke voorwaarden voor een goede summatieve toets. Zie bijvoorbeeld Adams en Callahan (1995), die de validiteit en betrouwbaarheid onderzochten van een test die tot doel had Science Process Skills te evalueren. Fairbrother (1989; 1991) wijst op het spanningsveld dat bij formatieve beoordeling vaak aanwezig is tussen docent en leerlingen. Enerzijds is de docent helper en gebruikt hij zijn gegevens over de manier van werken van de leerlingen om feedback te geven. Anderzijds is hij de 'rechter' die de leerlingen afrekent op zowel hun leerproces als het resultaat. Alberts e.a. (1986) onderscheiden naast formatief en summatief beoordelen ook nog formeel en informeel beoordelen. Formeel beoordelen is gebonden aan strikte regels, terwijl informeel beoordelen dat niet is. In de regel gebeurt summatief beoordelen enkel formeel, terwijl een formatieve beoordeling zowel formeel als informeel kan plaatsvinden.

Wat moet worden beoordeeld?

Datgene wat moet worden beoordeeld hangt nauw samen met de eerder geformuleerde doelen en inhouden. Gaat het om een summatieve beoordeling, dan zal er behoefte zijn aan objectieve criteria, die een valide en betrouwbare score opleveren. Voorbeelden van dergelijke criteria zijn de lijsten die Fraser (TOES, 1980), Hellingman (CITO, 1982), Bryce en Robertson (TAPS, 1985), Josephy (OCEA, 1986) en Swain (GASP, 1989) hebben opgesteld voor practicum en leerlingonderzoek. Deze 'vaardigheden' worden verkregen door 'onderzoeksprocessen' (zoals observeren, meten, etc.) of 'enquiry skills' (Fraser, 1980) zo gedetailleerd mogelijk onder te verdelen in meetbare deelvaardigheden (zie ook paragraaf 2.2.3). Hiermee

kan worden beoordeeld (c.q. afgevinkt) welke vaardigheden door leerlingen bij een practicumtest of onderzoekstoets worden beheerst. Deze lijsten zijn zo gedetailleerd gemaakt om objectief (en dus betrouwbaar) te kunnen scoren. Een soortgelijke lijst werd in 1992 voor het zogenaamde Open Onderzoek opgesteld door een werkgroep van de NVON (zie Budding e.a., 1992).

Een andere benadering is de zogenaamde 'holistische' wijze van beoordeling (Woolnough, 1989, p.127). Een voorbeeld van een dergelijke manier van beoordelen op basis van brede beoordelingscategorieën, die op het hele onderzoek betrekking hebben, is gegeven door Jakeways¹⁷ (1986).

De eerder geformuleerde reflectievragen met betrekking tot het voorbereiden, uitvoeren, afsluiten en evalueren van leerlingonderzoek (tabel 2.3) fungeren als richtlijn voor de formatieve beoordeling van het leerlingenwerk met betrekking tot de kwaliteit ervan, en moeten leiden tot zinvolle feedback. Black (1998) onderkent het belang van formatieve beoordeling voor het verhogen van de kwaliteit van het onderwijs en suggereert dat hier veel meer onderzoek naar moet worden gedaan. Voor het geval summatieve beoordeling van de kwaliteit van het leerlingonderzoek aan de orde is, zal de docent op een betrouwbare en valide manier moeten kunnen nagaan in hoeverre de leerling in staat is onderzoek te doen dat aan criteria van validiteit en betrouwbaarheid voldoet.

Methoden van beoordeling

In de literatuur worden diverse methoden beschreven om informatie te verzamelen over de vorderingen van leerlingen ten aanzien van practicum en het doen van onderzoek, zowel voor formatieve als summatieve beoordeling (zie bijvoorbeeld Gott & Duggan, 1995; Giddings e.a., 1991; Josephy, 1986; Swain, 1989; Bryce & Robertson, 1985; Boud e.a., 1989). Deze methoden zijn:

- *Observatie.* Om te weten te komen hoe leerlingen werken (bijvoorbeeld hoe ze bepaalde apparaten en instrumenten hanteren), kan de docent de leerlingen observeren. Hij kan daarbij simpelweg (al dan niet aan de hand van observatiecriteria) kijken hoe de groep werkt en daar een oordeel over vormen, of hij kan gebruik maken van een checklist en de gehaalde eindtermen 'afvinken'. Observatie als beoordelingsinstrument kan gebruikt worden in een eindtoets (summatief), maar kan ook formatief plaatsvinden gedurende het gehele onderwijsleertraject ter ondersteuning van de feedback
- *Schriftelijk werk.* Zowel bij het (formatief) beoordelen tijdens het onderwijsleertraject als bij een eindtoets kan gebruik gemaakt worden van dagboeken, verslagen en aantekeningen, die bij het praktische werk of het onderzoek van de leerlingen horen. Voor het beoordelen van specifieke kennisaspecten van onderzoek doen kunnen echter ook schriftelijke beoordelingen gebruikt worden die bepaalde aspecten van praktisch werk of onderzoek doen aan de orde stellen.

¹⁷Het gaat hier om het beoordelen van het 'Nuffield A level Physics examination' met een vierpuntsschaal: 'good (1), average (2), poor (3) and abysmal (4)' (goed, gemiddeld, zwak en hopeloos). Desgewenst kan nog een + of - worden toegevoegd om de beoordeling wat te nuanceren.

- *Vragen stellen.* Deze methode is voor formatieve beoordeling bij uitstek geschikt om argumenten van leerlingen te weten te komen met betrekking tot keuzen die ze maken, en om daar vervolgens met hen over te praten.
- *Zelfbeoordeling.* Aan de leerlingen kan in het kader van vooral formatieve beoordeling gevraagd worden zichzelf te beoordelen. In een onderwijsleerproces, waarin het leren leren voorop staat, zal de leerling moeten worden geleerd te reflecteren op zijn eigen werk, en zal de leerling zich voortdurend een oordeel moeten vormen over de kwaliteit en kwantiteit van zijn eigen denken en handelen.
- *Audiovisuele- en computersimulatie.* Aan de hand van audiovisuele en/of computer gesimuleerde experimentele situaties kunnen leerlingen summatief worden getest op specifieke praktische vaardigheden.

Conclusie

Tijdens het proces van leren onderzoeken is hoofdzakelijk formatieve beoordeling van belang. Deze beoordeling, die hier heel dicht staat bij – en onderdeel uitmaakt van – het begeleidingsproces, heeft tot doel om de leerlingen te stimuleren in hun leerproces. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van een mix van de volgende beoordelingsmethoden: observaties, vragen stellen, schriftelijk werk, en zelfbeoordeling als vorm van reflectie.

Omdat de school nu eenmaal van docenten vraagt dat ze cijfers geven voor de prestaties van de leerlingen (een gegeven randvoorwaarde), dient ook een vorm van summatieve beoordeling plaats te vinden in de vorm van een cijfer voor het rapport. Hiervoor kan wellicht een combinatie worden gebruikt van observaties gedurende de uitvoering, en de beoordeling van het eindverslag van elk onderzoek aan de hand van beoordelingscriteria.

2.4 SAMENVATTENDE CONCLUSIES

In paragraaf 2.2 werd op basis van literatuur geconcludeerd, dat kennis van en inzicht in het valide en betrouwbaar opzetten en uitvoeren van onderzoek een centrale plaats dient in te nemen in een didactiek van leren onderzoeken. In paragraaf 2.3 werd op basis van dit uitgangspunt een aantal aspecten van een didactiek voor leren onderzoeken verkend. Wat kunnen we nu op basis van het voorgaande concluderen met betrekking tot de gewenste didactiek voor leren onderzoeken, met als belangrijkste doel het verbeteren van de kwaliteit van het leerlingonderzoek?

- Een eerste keuze betreft de visie op leren en onderwijzen. Deze visie vormt immers de basis voor de gewenste didactiek. In paragraaf 2.3.2 werd geconcludeerd dat vanuit de benadering van het ‘didactische constructivisme’ in ieder geval voldaan moet zijn aan de uitgangspunten, zoals Ogborn (1997) die formuleert. Dat betekent kortweg het volgende: een actieve betrokkenheid van de leerling in het onderwijsproces, respect voor de leerling en zijn ideeën, en uitgaan van de kennis die de leerlingen al hebben. Dit geldt met name voor het aspect van kwaliteit.

- Wat betreft de doelen geldt in globale zin dat de leerlingen leren onderzoeken. Dat betekent dat ze eind derde klas in staat moeten zijn zelf een betrekkelijk eenvoudig onderzoek op te zetten en uit te voeren, dat voldoet aan eisen van validiteit en betrouwbaarheid. De hiervoor benodigde kennis staat in tabel 2.3.
- Met betrekking tot de beginsituatie van de leerlingen leert onderzoek dat leerlingen t.a.v. kennis over kwaliteit van onderzoek al een aantal preconcepties hebben. Deze zijn in paragraaf 2.3.4 globaal beschreven. Wat betreft de structurering van het onderzoek is al eerder opgemerkt dat leerlingen daar over het algemeen geen moeite mee hebben, en dat deze vaardigheid vanzelf meegroeit met de moeilijkheidsgraad van het onderzoek.
- Wat betreft de vormgeving is een afweging gemaakt tussen een drietal globale modellen voor de aanpak van het leren onderzoeken. Op basis van argumenten is de voorkeur uitgesproken voor de lineaire manier van aanpak: er wordt door de leerlingen een aantal onderzoeken gedaan, die dusdanig worden gestructureerd dat de openheid ervan per onderzoek toeneemt. De verantwoordelijkheid voor de opzet en uitvoering wordt dus stapsgewijs aan de leerling overgedragen, en de bedoeling is dat hij/zij op het eind in staat is op basis van een eigen vraagstelling onderzoek te doen aan de hand van een globale heuristiek (voorbereiding, uitvoering, afsluiting, evaluatie). Daaraan gekoppeld is het van belang met leerlingen stapsgewijs kennis en vaardigheden te ontwikkelen op het gebied van met name de kwaliteit van onderzoek.
- Met betrekking tot de wijze van evalueren dient de formatieve beoordeling centraal te staan: de docenten geven tijdens de begeleiding voortdurend feedback op het denken en handelen van de leerlingen en stimuleren de leerlingen te reflecteren op hun werk. Daarnaast zal het vanuit de school gewenst zijn om het leerlingenwerk summatief te beoordelen: er moet een cijfer komen voor het rapport. De beoordelingscriteria hiervoor moeten nog worden ontwikkeld, en zullen zeker ook aspecten van validiteit en betrouwbaarheid bevatten.

Wanneer we bovenstaande uitgangspunten in samenhang bekijken kunnen we concluderen dat de taak van de docent anders is dan bij veel gangbaar onderwijs, waar de docent veelal het initiatief neemt met betrekking tot de voortgang van het onderwijsleerproces. Bij onderwijzen op basis van een constructivistische visie op leren creëert de docent omstandigheden waarin een zinvolle dialoog met de leerlingen mogelijk is en maakt van die omstandigheden gebruik om met de leerlingen te praten over hun denkbeelden (Bell & Gilbert, 1996). De hoofdtaak van de docent bij het leren onderzoeken zou omschreven kunnen worden als: hoe breng je leerlingen tot dieper nadenken over hun onderzoeksopzet, uitvoering en evaluatie, en tot het uitbreiden van hun kennis daarover? Volgens Gott en Duggan (1995) is het daarbij het belangrijkste dat de docent vakkundige en toepasselijke vragen stelt. In ieder geval zal de docent moeten uitgaan van wat de leerlingen al weten, en daar ruimte voor moeten geven.

Daan (5 jaar): 'Papa, wat is een volle maan?'

Papa (46 jaar): 'Dan is de maan helemaal verlicht.'

Daan: 'Papa, en wat is een lege maan?'

3

HET LEREN DOOR DOCENTEN

3.1 INLEIDING

In het vorige hoofdstuk zijn elementen voor een didactiek van leren onderzoeken uitgewerkt, met als centraal thema de validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek. In dit hoofdstuk wordt verkend, hoe de didactiek van een scholingsprogramma voor docenten eruit zou kunnen zien om de docenten te ondersteunen de beoogde didactiek van leren onderzoeken toe te passen in hun onderwijs. Om de scholingsdidactiek nader te kunnen invullen wordt eerst ingegaan op de professionele ontwikkeling van docenten. Vervolgens worden modellen van (na)scholing beschreven, die tot doel hebben de professionele ontwikkeling van docenten te stimuleren om onderzoek met kwaliteit voor leerlingen te realiseren. Tot slot worden elementen van het door ons ontwikkelde scholingsprogramma verder uitgewerkt.

3.2 PROFESSIONELE ONTWIKKELING VAN DOCENTEN

De professionele ontwikkeling van docenten wordt in deze studie opgevat als het leren van docenten tijdens de beroepsloopbaan. Het gaat om de ontwikkeling van het geheel van kennis, opvattingen, vaardigheden en waarden om het beroep van docent op een deskundige wijze uit te oefenen. De term 'professioneel' heeft dus betrekking op alle aspecten waarmee docenten in hun beroep te maken krijgen (Kelchtermans & Vandenbergh, 1994, p.59). In deze paragraaf wordt allereerst de kennisbasis van docenten verkend. Vanwege het belang van opvattingen hierin wordt hier apart aandacht aan geschonken.

3.2.1 De kennisbasis van docenten

Over de kennisbasis van docenten en de ontwikkelingen daarvan bestaan diverse benaderingen. Kelchtermans en Vandenberghe (1994) benaderen de professionele ontwikkeling van docenten vanuit het biografische perspectief. Dat wil zeggen dat het professioneel handelen van de docent niet alleen betekenis krijgt door de organisatorische context van het moment, maar ook door een levensgeschiedenis en daaraan verwante ervaringen. Docenten-in-functie bouwen door hun ervaringen tijdens hun beroepsuitoefening zogenaamde praktijkkennis op, en deze praktijkkennis is verweven met ideeën, overtuigingen, waarden, opinies en dergelijke, die persoonlijk zijn ingekleurd en zijn terug te voeren op min of meer bewuste persoonlijke ervaringen. Deze praktijkkennis wordt overigens ook wel 'craft knowledge' genoemd (Calderhead, 1996).

Verloop (1995) maakt met betrekking tot de professionele kennisbasis van docenten een onderscheid tussen vakinhoudelijke kennis, en kennis die niet op de vakinhoud betrekking heeft. Deze laatste zou men volgens Verloop uit een drietal componenten opgebouwd kunnen denken: kennis over effectieve instructie, theorieën en noties van onderwijskundige en vakdidactische aard, en praktijkkennis. In de optiek van Verloop wordt vakdidactiek dus niet direct betrokken op de vakinhoud, maar is eerder vakoverstijgend van aard. De vraag is of vakinhoud en didactiek zo strikt gescheiden kunnen worden. Zie ook Lijnse & Hooymayers (1987). Praktijkkennis wordt door Verloop omschreven als 'de kennis die practici gaandeweg door ervaring hebben opgedaan of op grond van ervaring hebben aangepast, en die in sterke mate het handelen stuurt' (Verloop, 1995, p.140).

Shulman (1987) onderscheidt in de kennisbasis van docenten een zevental kenniscategorieën, waaruit docenten putten als ze onderwijs geven:

- Content knowledge: understanding of the substantive structure of the subject;
- General pedagogical knowledge, with special reference to those broad principles and strategies of classroom management and organization that appear to transcend subject matter;
- Curriculum knowledge, with particular grasp of the materials and programs that serve as 'tools of the trade' for teachers;
- Pedagogical content knowledge. This is the form that content knowledge takes in order that it can be effectively taught;
- Knowledge of learners and their characteristics. Of particular importance are the educational differences between the learners as outlined above with reference to differentiation;
- Knowledge of educational contexts, ranging from the workings of the group or classroom, the governance and financing of school districts, to the character of communities and cultures;
- Knowledge of educational ends, purposes and values, and their philosophical and historical grounds.

In de optiek van Shulman (1987) is voor onderwijzen een eerste vereiste dat de docent de te onderwijzen vakinhoud begrijpt. Vervolgens moet deze vakinhoud met behulp van de vakdidactiek worden omgezet in een vorm die te onderwijzen is. Vervolgens vindt het eigenlijke

onderwijsproces plaats, gevolgd door een evaluatie van de effectiviteit ervan. Door reflectie op de evaluatie worden de relevante zaken voor het onderwijs uit de didactiek gehaald en de cyclus herhaalt zich. Shulman geeft als belangrijkste bronnen voor de kennisbasis van docenten de vakopleiding, onderwijsmaterialen en structuren, de lerarenopleiding, en de kennis uit de praktijk van het onderwijs.

3.2.2 Opvattingen van docenten

Bij de professionele ontwikkeling van docenten spelen opvattingen een grote rol: ze vormen enerzijds vaak een drijfveer voor het ontstaan van praktijkkennis, en anderzijds vormen ze een filter, waarmee nieuwe kennis en nieuwe ervaringen worden geïnterpreteerd. Bryan (1998) geeft op basis van reviews en analyses de volgende werkdefinitie van opvattingen:

'Beliefs are psychological constructions that:

- a include understandings, assumptions, images, or propositions that are felt to be true;
- b drive a person's actions and support decisions and judgments;
- c have highly variable and uncertain linkage to personal, episodic, and emotional experiences;
- d although undeniably related to knowledge, differ from knowledge in that beliefs do not require a condition of truth.'

Bryan onderscheidt zogenaamde 'belief systems, [which] are groups of beliefs that, unlike knowledge systems, do not require general consensus. They are relatively static, and when they change, it is not because of argument or reason, but more likely because of a "conversion or gestalt shift"' (Bryan, 1998, p.6). In dergelijke systemen zijn centrale opvattingen aanwezig die over het algemeen tamelijk moeilijk te veranderen zijn. Deze opvattingen zijn vaak ontstaan in de eerste periode van lesgeven. Opvattingen en systemen van opvattingen zijn wellicht meer nog dan kennis bepalend voor het handelen van docenten (Nespor, 1987).

De door Bryan genoemde systemen van opvattingen hebben over het algemeen een relatie met verwante kenniscategorieën. Zo kunnen minimaal vijf 'soorten' opvattingen worden onderscheiden (Calderhead, 1996): opvattingen over leerlingen en leren, opvattingen over onderwijzen, opvattingen over het vak en de vakinhoud, opvattingen over het eigen proces van leren onderwijzen, en opvattingen over zichzelf als docent en de onderwijstaak. Opvattingen binnen het ene systeem kunnen strijdig zijn met opvattingen binnen het andere systeem. Zo kunnen bijvoorbeeld docenten constructivistische opvattingen hebben over hun eigen leerproces, maar daar in hun eigen onderwijspraktijk met betrekking tot het leren van de leerlingen heel anders mee omgaan.

Richardson (1996) noemt drie categorieën van ervaringen, die de ontwikkeling van opvattingen beïnvloeden: persoonlijke ervaring (deze omvat onder andere aspecten die te maken hebben met een visie op de wereld, het eigen ik in relatie tot de ander, opvattingen over de school en maatschappij, etc.), ervaringen met opleiding en instructie, en ervaringen met formele kennis. Deze drie categorieën worden meestal in samenhang bestudeerd en werken voor docenten als een referentiekader tijdens de uitoefening van hun beroep. De relatie tussen

het referentiekader van docenten en hun onderwijspraktijk is complex en reciprook van aard. Onderzoek laat over het algemeen een verband zien tussen opvattingen en onderwijspraktijk. Er zijn echter ook onderzoekers die een kloof constateren tussen opvattingen en onderwijspraktijk (Calderhead, 1996; Pajares, 1992). Guskey (1986) is van mening dat veranderingen van opvattingen bij docenten pas optreden als ze hebben kunnen ervaren dat de leerresultaten bij leerlingen verbeteren door hun veranderd gedrag.

3.2.3 Conclusies

Uit het hierboven aangehaalde onderzoek blijkt de complexiteit van de kennisbasis van docenten. Daarbij worden begrippen gehanteerd als vakinhoudelijke kennis en niet-vakinhoudelijke kennis over leren en onderwijzen, praktijkkennis (craftknowledge) als belangrijke component van de kennisbasis, en opvattingen die richtinggevend zijn voor de keuzen die docenten maken. Echt helder zijn deze begrippen niet gedefinieerd, laat staan dat er scherpe grenzen tussen deze begrippen te trekken zijn. Wat betreft de (objectieve) theorieën blijkt dat ze in de praktijk van het lesgeven vaak niet toegepast worden en dat de docenten in plaats daarvan hun eigen op praktijkkennis gebaseerde routines (waar stukken theorie in verwerkt zijn) gebruiken. Verder wordt onderkend dat de professionele ontwikkeling van docenten enerzijds plaatsvindt in de context van de docenten als persoon en anderzijds in de context van de docent als beroepsbeoefenaar. Welke implicaties heeft het bovenstaande voor de inhoud van de te ontwikkelen scholing van docenten met betrekking tot een didactiek van leren onderzoeken?

- Centraal in de scholing staan de vakkennis over onderzoek, de didactische kennis over leren onderzoeken, en aanvullende onderwijskundige kennis en vaardigheden met betrekking tot een interactieve, constructivistische wijze van lesgeven. In de beoogde scholing zal tijd moeten worden ingeruimd om met de docenten te reflecteren op de relatie tussen theorie over onderzoek doen, en de didactiek van leren onderzoeken.
- Uit de literatuur blijkt dat bij de scholing rekening zal moeten worden gehouden met, en aangesloten zal moeten worden bij de bestaande praktijkkennis van docenten. Het is daarbij van belang te streven naar het expliciteren van deze meestal impliciete praktijkkennis. Docenten moeten inzicht krijgen in de aard van hun eigen praktijkkennis, zodat ze hun eigen handelen kunnen begrijpen en legitimeren.
- De rol van opvattingen als drijfveer voor het ontstaan van praktijkkennis en als een filter voor de interpretatie van nieuwe kennis zal moeten worden onderkend. Het is van belang deze opvattingen te expliciteren en docenten te confronteren met aanvullende, empirisch onderbouwde theorieën. Het aanbieden van empirisch onderbouwde theoretische kennis (expertkennis) speelt dus een belangrijke rol (zie boven). Het vergroten van de theoretische kennisbasis betekent dat de docenten eerder in staat en bereid zullen zijn om uit deze kennis te putten voor hun verdere ontwikkeling. De opvattingen bepalen ook de attitude van de docenten ten aanzien van vernieuwingen en de implementatie ervan.
- Tot slot meldt de literatuur de wederzijdse beïnvloeding van de persoonlijke ontwikkeling

van de docent en zijn professionele ontwikkeling. Dat betekent dat persoonlijke omstandigheden van docenten en veranderingen daarin mee betrokken dienen te worden in het kunnen begrijpen van genomen beslissingen en ingenomen standpunten.

3.3 HET ONDERSTEUNEN VAN HET LEREN VAN DOCENTEN

3.3.1 Inleiding

In deze paragraaf gaan we in op de wijze waarop het leren van docenten kan worden ondersteund. Over het algemeen worden activiteiten, die gericht zijn op het leren van docenten tijdens hun loopbaan aangeduid met nascholing. Nascholing wordt door Bolam (1982) gedefinieerd als: opleidings- en trainingsactiviteiten voor docenten-in-functie die bedoeld zijn om hun professionele kennis, vaardigheden en attitudes te verbeteren, zodat ze beter zijn toegerust om hun leerlingen tot volwaardig leren te brengen (zie ook Peters (1985) en Coonen (1987)). Aanvankelijk bestond nascholing voor docenten grotendeels uit cursussen waarin nieuwe instructievaardigheden werden aangeleerd. De laatste decennia echter is het begrip nascholing flink verbreed, hetgeen tot uitdrukking komt in een andere opzet en vormgeving van nascholingsactiviteiten (Verloop, 1995; Kwakman, 1999). Op dit moment is nascholing veel meer dan vroeger een term geworden die gebruikt wordt om een groot aantal zeer uitlopende activiteiten aan te duiden, die ertoe dienen om het leren van docenten te stimuleren. Deze verbreding is enerzijds een gevolg geweest van een toenemende vraag naar en behoefte aan nascholing, en anderzijds een gevolg van onderzoeksresultaten die aantoonen dat cursussen in instructievaardigheden in de ogen van docenten hen nauwelijks hielpen om hun problemen in de praktijk op te lossen. Zo is uit onderzoek gebleken dat het top-down aanbieden van kennis, inzichten en vaardigheden niet het gewenste leereffect bij docenten sorteert (van den Akker & Bergen, 1997). Docenten blijken op deze wijze geen 'ownership' over het aangeboden programma te ervaren. De vraag is nu op welke wijze een scholing zodanig kan worden ingericht, dat deze een redelijke kans van slagen heeft om beoogde leereffecten bij de docenten te bereiken. Om deze vraag te kunnen beantwoorden wordt nagegaan wat de meest recente opvattingen zijn over effectieve manieren voor scholing van docenten.

3.3.2 Manieren van scholing

Over het stimuleren van het leren van docenten worden door Sprinthall, Reiman en Thies-Sprinthall (1996) in de literatuur een drietal hoofdstromingen onderscheiden, die te plaatsen zijn op een continuüm dat van 'praktijkkennis' loopt tot 'expertkennis'. In het eerste model, dat zich baseert op de praktijkkennis van docenten, wordt uitgegaan van de praktische aspecten van het lesgeven, en de verantwoording voor de ontwikkeling ligt bij de docenten zelf. In het andere model, dat zich baseert op expertkennis, gaat het om het top-down aanbrengen van expertkennis: experts zijn verantwoordelijk voor de inhoud, scholing en begeleiding. Het

‘interactieve model’ staat tussen deze beide uitersten in. Daarbij gaat het erom docenten actief in het proces van kennisverwerving over het onderwijzen te betrekken. Over de noodzaak om aan te sluiten bij de praktijkkennis van docenten is hierboven al iets gezegd. Bij expertkennis gaat het om gesystematiseerde theoretische kennis over het onderwijzen, die empirisch is onderbouwd. Het zogenaamde proces-product model en vormen van directe instructie zijn goede voorbeelden van deze benadering. Zo hebben Good en Brophy (1984) lijsten met strategieën ontwikkeld, die docenten moeten toepassen om effectief te kunnen onderwijzen. Deze prescriptieve werkwijze blijkt in de praktijk echter het leren van docenten niet krachtig te bevorderen. Docenten vinden het moeilijk om de adviezen in hun eigen onderwijspraktijk toe te passen. Bovendien blijken de effecten op leerlingprestaties, als docenten er al in slagen om de voorgestelde strategieën daadwerkelijk toe te passen, gering (Walberg, 1986). Deze in wezen ‘top-down’ scholing behandelt docenten als uitvoerders van wat anderen, die ver afstaan van het klaslokaal, willen dat docenten doen. Bij het interactieve model gaat het erom docenten actief in het proces van kennisverwerving over leren en onderwijzen te betrekken. In wezen gaat het over de vraag hoe ‘praktijkkennis’ en ‘expertkennis’ aan elkaar kunnen worden gerelateerd (Bergen, 1999). Een exponent van de interactieve benadering is de stroming die principes van praktijknabijheid, collegialiteit en reflectie als basis voor professionele ontwikkeling bij elkaar brengt (zie Korthagen, 1995; 1998). In een reflectief practicum vindt de dialoog plaats tussen de docent en de begeleider. Deze begeleide reflectie is een krachtige stimulans om verdere actie te kunnen ondernemen en is daardoor van belang voor scholing. Hieronder worden twee projecten beschreven die een aantal kenmerken hebben van deze interactieve benadering.

Het scholingsmodel van Bell en Gilbert

Het scholingsmodel van Bell en Gilbert (1996) is ontwikkeld in het kader van het Learning in Science Project (Teacher Development), dat in de periode 1990-1992 is uitgevoerd aan de Universiteit van Waikato in Nieuw Zeeland. Doel van het project was het faciliteren van het leren van docenten bij het gebruik van nieuwe onderwijsactiviteiten met betrekking tot onder andere constructivistische opvattingen over leren, en preconcepties van leerlingen. Het bleek mogelijk om drie hoofdtypen van docentontwikkeling te beschrijven: sociale, persoonlijke en professionele ontwikkeling. Sociale ontwikkeling had betrekking op het ontwikkelen van enig besef van de waarde van gezamenlijk leren en werken. Persoonlijke ontwikkeling had betrekking op het aanvaarden of verwerpen van nieuwe betekenissen van het docentschap en het omgaan met de gevoelens daarover. Professionele ontwikkeling had betrekking op het ontwikkelen van nieuwe kennis en vaardigheden – het ontwikkelen van didactische vakkennis of het toepassen van een leertheorie. Door de bij het project betrokken docenten werden drie – meestal in combinatie toegepaste – factoren genoemd die hen hebben geholpen bij hun ontwikkeling. Deze zijn support, feedback en reflectie. *Support*, in de betekenis van ondersteuning, heeft bij Bell en Gilbert (1996) een brede betekenis met aspecten als: mentale steun, het bieden van faciliteiten met betrekking tot ruimte, tijd en geld, het leveren van ondersteunend lesmateriaal, het aanmoedigen en enthousiasmeren etc. Onder *feedback* (terugkoppeling) wordt door Bell en Gilbert (1996) verstaan het geven van commentaar op bestaande en

nieuwe ideeën, gevoelens en handelingen van docenten door collega's. Het geven van feedback kan docenten inzicht geven in aspecten van hun gedrag waarop ze zelf geen zicht hebben, maar anderen wel. Het kunnen *reflecteren* wordt in het algemeen gezien als een belangrijke (metacognitieve) vaardigheid waar het gaat om het zich verder ontwikkelen – bijvoorbeeld als docent – tijdens de loopbaan, maar ook als docent tijdens de opleiding (Korthagen, 1990; Baird e.a., 1991; Bell & Gilbert, 1996). (Bevorderen van) reflectie wordt in het algemeen opgevat als het confronteren van 'subjectieve theorieën' van leraren met andere (op grond van onderwijskundig onderzoek geformuleerde) theorieën, gevolgd door een conclusie over de wenselijkheid van het al dan niet aanpassen van de eigen opvattingen of gedragingen (Verloop 1995, p.139). Deze opvatting sluit aan bij Schöns (1983; 1987) notie van reflectie als 'reframing' of 'restructuring' (Korthagen, 1990). De vraag is welke strategieën zoal kunnen worden gehanteerd om reflectie van docenten te bevorderen. Korthagen (1993) beschrijft een proces dat als basis kan dienen voor reflectie. Dit cyclische proces bestaat uit het opdoen van ervaringen, het terugblikken, het formuleren van essentiële aspecten, het ontwikkelen van alternatieven en het daaruit kiezen, en het uitproberen. Binnen deze reflectiecyclus is het van belang dat de docent in staat is het terugblikken op opgedane ervaringen voor zichzelf en voor anderen (collega's, coach) expliciet en inzichtelijk te maken. Korthagen (1993) geeft daarvoor het logboek als middel om reflectie te bevorderen. Verwante middelen zijn dagboeken of 'diaries' (Baird e.a., 1991), 'journals' (Nichols e.a., 1997) en portfolio's (Nichols e.a., 1997; Dana & Tippins, 1998). Het verwoorden van ervaringen kan geschieden in de vorm van verhalen (narratives), anekdoten en metaforen (Munby & Russell, 1987; Weade & Ernst, 1987; Bell & Gilbert, 1996; Nichols e.a., 1997) of het beschrijven van cases (Richert, 1987; Nichols e.a., 1997) en kan ondersteund worden door foto's (Weade & Ernst, 1987) en videofragmenten.

Het CEER-project

Marx e.a. (1998) beschrijven de activiteiten rond de professionele ontwikkeling van science teachers, die ze in het kader van CEER hebben ondernomen. Het acroniem CEER staat hierbij voor 'Collaboration with others, Enactment of new practices in classrooms, Extended effort to instantiate change, and Reflection on practice'. De samenwerking met anderen behelst de samenwerking tussen docenten en universitair onderzoekers om elkaar te informeren, te bekritisieren en te ondersteunen. Het ontwerpen en uitvoeren van nieuwe activiteiten betekent dat de docent met nieuwe theorie en bestaande praktijkkennis activiteiten ontwikkelt, waarmee leerlingen aan de slag kunnen. Verder is er veel tijd nodig om de veranderingen in het onderwijs door te voeren. Tot slot is reflectie van belang waar het gaat om van ervaringen te leren. CEER werd bij meer dan 100 docenten gebruikt om hun science onderwijs te vernieuwen. Daartoe werden interpersoonlijke interventies ontwikkeld (cursussen, vergaderingen en consultaties op de werkplek), alsmede een serie computer- en communicatie'tools' als een 'project ondersteunende omgeving'. Er zijn duidelijke aanwijzingen gevonden dat de hierboven beschreven pogingen bij de docenten succes hebben gehad. Marx e.a. (1998) wijzen erop dat bij het adopteren van nieuwe benaderingen van 'science teaching' het van belang is de praktijkkennis van docenten te koppelen aan expertkennis over onderwijstheorie en vakinhoud.

den. Ze wijzen erop dat docenten, net als andere lerenden, hun eigen kennis construeren door sociale interactie met collega's, door ideeën in de praktijk toe te passen, en door reflectie op en modificatie van ideeën. Daarbij achten ze support en feedback op basis van observatie van speciaal belang.

Op basis van het bovenstaande blijkt dat een succesvolle scholing gebaat is bij een combinatie van activiteiten. In navolging van Guskey (1995) moet gezocht worden naar een optimale mix; naar een set van richtlijnen die een krachtige leeromgeving voor docenten kunnen realiseren (Bergen, 2001). Deze richtlijnen zijn:

- inbedding van de leeractiviteiten in de unieke context van de school;
- 'ownership' van en actieve deelname aan de leeractiviteiten door de docenten;
- gebruiken van ervaringen van docenten als uitgangspunt bij het aanbieden van theorie;
- focus op samenwerking en collegialiteit;
- mogelijkheid voor docenten om te experimenteren met nieuwe vaardigheden binnen de context van reële lessituaties;
- krijgen van onmiddellijke steun en feedback in de vorm van (collegiale) coaching;
- zien van veranderingen van gedrag en opvattingen van docenten als een langdurig en continu leerproces;
- ondersteuning door de schoolleiding die uitstraalt dat deze leeractiviteiten belangrijk zijn voor de school, hetgeen zich uit in facilitering en prioritering.

Uitgaande van deze richtlijnen vormt coaching een veelbelovend middel dat in het kader van het leren van docenten kan worden ingezet, zowel ter ondersteuning van docenten om nieuwe vaardigheden en strategieën te verwerven en toe te passen in de eigen onderwijspraktijk, als voor het stimuleren van de professionele ontwikkeling van docenten. Coaching brengt principes van praktijk nabijheid, reflectie, collegialiteit, zeggenschap en 'roletaking' bij elkaar. In het nu volgende gaan we nader in op wat coaching inhoudt.

3.3.3 Coaching

Wat is coaching?

Studies waarin verwezen wordt naar coaching verwijzen naar een model waarin sprake is van activiteiten met de volgende cyclische sequentie: de voorbespreking tussen coach en gecoachte, de observatie door de coach van de les, de analyse van het gedrag op basis van de observatie, de nabespreking tussen coach en gecoachte, en evaluatie van de activiteiten en voorbespreking van de volgende activiteiten (Joyce & Showers, 1980). Tijdens het coachingsproces moet er een vijftal kernactiviteiten uitgevoerd worden door de coach:

- het opbouwen van vertrouwen;
- het geven van inhoudelijke feedback op het geobserveerde gedrag;
- het analyseren van het gedrag en het toepassen van de beoogde vaardigheden;
- het afstemmen van de nieuwe onderwijsvaardigheden op de leerlingen, en
- het aanmoedigen en ondersteunen van de docent.

Garmston (1987) onderscheidt drie benaderingen van coaching: 1) technical coaching; 2) challenge coaching; en 3) collegial coaching. Het belangrijkste doel van technical coaching is het bevorderen van transfer van trainingsinhouden naar de klaspraktijk. Nieuwe vaardigheden worden door de gecoachte docent toegepast in de klas, terwijl de coach observeert. Bij challenge coaching worden door een kleine groep betrokkenen oplossingen ontwikkeld voor instructieproblemen, die niet specifiek persoonsgebonden zijn. De groep komt bij elkaar om lessen voor te bereiden, waarbij nieuwe activiteiten en werkvormen worden ontwikkeld. Een van de leden van de groep geeft deze lessen, terwijl de anderen informatie verzamelen voor de evaluatie. Collegiale coaching wordt door Robbins (1991) gedefinieerd als het proces waarbij op basis van vertrouwen twee of meer collega's samenwerken om te reflecteren over de eigen praktijk, nieuwe vaardigheden proberen op te bouwen, uit te breiden en te verfijnen, ideeën uitwisselen, elkaar onderwijzen, onderzoek in de klas uitvoeren en problemen van de werkplek proberen op te lossen. Showers (1985) formuleert drie fundamentele doelen van collegiale coaching. Op de eerste plaats bouwen docenten met elkaar aan de eigen deskundigheid. Op de tweede plaats ontwikkelen zij een gezamenlijke taal en een gemeenschappelijk begrippenkader dat noodzakelijk is voor de studie naar nieuwe kennis en vaardigheden. Op de derde plaats voorziet coaching in een structuur voor de follow-up van trainingen, die essentieel is om nieuwe vaardigheden en strategieën te verwerven. Showers (1985) wijst er verder op dat bij collegiale coaching docenten niet alleen aan hun persoonlijke professionele ontwikkeling werken, maar ook aan stafontwikkeling en daardoor aan schoolverbetering. Collegiale coaching richt zich kortom op de professionele ontwikkeling van docenten door het expliciteren van en het communiceren over de praktijkkennis en werkt op die manier aan het opbouwen van een gemeenschap van begrijpende docenten, die betrokken is bij de studie naar het eigen functioneren in de beroepspraktijk. Collegiale coaching bevordert het openbreken van oude gevestigde en ingeslopen patronen ten gunste van nieuwe instructiestrategieën en maakt de school tot een werkplaats van docenten, die meer coöperatief, ondersteunend en uitdagend is (Glickman & Bey, 1990). Collegiale coaching is aan de ene kant een simpel en voor de handliggend idee. Formeer duo's van docenten en ondersteun ze om aan de inhoud van hun lessen en aan hun instructievaardigheden te werken. Aan de ander kant blijkt deze vorm van coaching een complexe vernieuwing te zijn om in de scholen te implementeren, omdat het een radicale verandering met zich meebrengt in de relaties tussen docenten onderling en tussen docenten en schoolleiding.

Hoe krachtig is coaching?

Uit onderzoek blijkt dat scholing die gekenmerkt wordt door informatieoverdracht, weinig effect heeft op het functioneren van leraren (Showers, Joyce & Bennet, 1987; Van Tulder, 1992). Veranderingen op gedragsniveau veronderstellen een intensieve en continue ondersteuning: een zogenaamde 'quick fix' is niet aan de orde. Joyce en Showers (1988) concluderen dat coaching een krachtig middel is om het nieuw geleerd gedrag daadwerkelijk toe te passen in de eigen praktijksituatie. Joyce en Showers (1988) hebben onderzoek gedaan naar hoe (nieuw) onderwijsgedrag geleerd wordt. Uit een meta-analyse van ruim 200 studies bleek het volgende, als er gekeken wordt naar welke componenten effecten hebben op het daadwer-

kelijk toepassen van het geleerde in de klas. De presentatie van de theorie of de beschrijving van de theorie, het modelleren of de demonstratie van vaardigheden en het oefenen in gesimuleerde klassensituaties hebben op het daadwerkelijk toepassen van het gedrag geen effect. Een klein effect heeft gestructureerde en open eind feedback. Coaching daarentegen blijkt het grootste effect te hebben. Joyce en Showers concluderen dat coaching een voorwaarde is om het nieuw geleerde toe te passen in de praktijksituatie.

3.3.4 Conclusies

Wanneer het gaat om het tot stand brengen van vernieuwingen in de onderwijspraktijk van docenten laat actueel onderzoek zien dat de professionele ontwikkeling van (science) teachers gebaat is bij een interactieve benadering. Dat betekent dat praktijkkennis en expertkennis aan elkaar dienen te worden gerelateerd. De vraag is dan hoe dat het beste kan. Uit projecten, die zijn uitgevoerd met als doel het stimuleren van de professionele ontwikkeling van science-docenten is gebleken, dat de volgende zaken een belangrijke rol spelen: inbedding van de leeractiviteiten in de context van de school; 'ownership' van en actieve deelname aan de leeractiviteiten; het gebruiken van ervaringen als uitgangspunt bij het aanbieden van theorie; focus op samenwerking en collegialiteit; de mogelijkheid om te experimenteren met nieuwe vaardigheden binnen de context van reële lessituaties; het krijgen van onmiddellijke steun en feedback in de vorm van coaching; het zien van veranderingen van gedrag en opvattingen van docenten als een langdurig en continu leerproces; ondersteuning door de schoolleiding. Het toepassen van nieuwe theorieën in de klas en het stimuleren van de reflectie daarop blijkt het beste te werking via coaching. Op basis van bovenstaande inzichten zal een voorstel worden uitgewerkt voor een scholingsdidactiek, die als doel heeft bij docenten een ontwikkeling tot stand te brengen die erop is gericht om hun leerlingen onderzoek met kwaliteit te leren uitvoeren.

3.4 OPZET VAN EEN SCHOLINGSDIDACTIEK

3.4.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt de eerste opzet van een scholingsdidactiek besproken. Daarin is van belang dat er rekening wordt gehouden met de onderstaande componenten (vgl. Peters, 1985; Driver & Oldham, 1986; Standaert & Troch, 1994):

- *Opvattingen over leren en onderwijzen.* Deze opvattingen bepalen de onderwijsleerprocessen, die plaatsvinden.
- *Doelen en inhouden.* Beide zijn op elkaar betrokken en impliceren elkaar: op basis van beoogde doelen worden leerinhouden gekozen.
- *Beginsituatie.* Hierbij gaat het om de kennis, vaardigheden en opvattingen van docenten bij aanvang van het leertraject.

- *Vormgeving.* Bij de vormgeving van de scholing gaat het zowel om de keuze van de activiteiten en werkvormen die worden gebruikt, als om de structurering van deze activiteiten en werkvormen in het scholingsproces.
- *Wijze van evalueren.* Bepaald moet worden hoe zal worden nagegaan of de gestelde doelen bij de docenten zijn bereikt.

De hierboven genoemde componenten worden in deze paragraaf achtereenvolgens besproken vanuit de hierboven geformuleerde uitgangspunten voor een succesvolle scholing.

3.4.2 Opvattingen over leren en onderwijzen

Bij de in paragraaf 3.3 beschreven uitgangspunten voor de opzet van een scholingsdidactiek wordt uitgegaan van een gematigd constructivistische visie op leren. Dat houdt in dat hier aangesloten wordt bij het didactische constructivisme, zoals omschreven in paragraaf 2.3.2. De globale uitgangspunten van Ogborn (1997) zijn ook hier van toepassing. Concreet betekent dat onder andere dat de actieve betrokkenheid van docenten bij het leerproces van groot belang wordt geacht voor het bereiken van nieuwe inzichten. Dit vinden we ook terug in de richtlijnen van Guskey (1995). Bovendien moet de scholing een dusdanige opzet hebben dat rekening wordt gehouden met hun aanvankelijke kennis, vaardigheden en opvattingen en de problemen die deze met zich meebrengen.

3.4.3 Doelen en inhouden van de scholing

Als algemene doelstelling van de scholing kan worden geformuleerd: de docenten verwerven zich de kennis en vaardigheden die hen toerusten om voor hun leerlingen het onderwijs in leerlingonderzoek zodanig in te richten dat het leerlingonderzoek met voldoende kwaliteit wordt uitgevoerd. Deze kwaliteit heeft, zoals in hoofdstuk 2 is uiteengezet, betrekking op de wijze waarop leerlingen de begrippen validiteit en betrouwbaarheid tijdens hun onderzoek hanteren, waarbij ze ondersteund worden door kennis over aspecten van validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek. Met betrekking tot de inhouden van de scholing gaat het met name om: 1) Vakinhoudelijke kennis en vaardigheden; en 2) Didactische kennis en vaardigheden.

De vakinhoudelijke kennis betreft niet de feiten en concepten binnen het vakgebied (waarvan verondersteld wordt dat deze in voldoende mate aanwezig zijn), maar kennis over (valide en betrouwbaar) onderzoek doen. Deze kennis heeft grotendeels te maken met methodologische aspecten, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Daarbij gaat het erom hoe onderzoekers onderzoek doen, en welke methodologische aspecten eraan ten grondslag liggen. Met betrekking tot de concepten validiteit en betrouwbaarheid gaat het om het begrijpen van de betekenis van beide concepten voor het doen van onderzoek, en de manier waarop dit concreet gestalte krijgt in onderzoek. Het leren van vaardigheden op het terrein van onderzoek zijn binnen de context van de scholing niet realiseerbaar.

Wat betreft de didactische kennis gaat het om de didactiek van leren onderzoeken, zoals

die in hoofdstuk 2 is beschreven. Didactische vaardigheden zijn aan de orde als de docenten de didactiek in hun onderwijs toepassen.

3.4.4 Beginsituatie van de docenten

Bij de scholing is het van belang de beginsituatie van de betrokken docenten helder te krijgen. Het gaat daarbij om twee kernpunten:

- Welke kennis, vaardigheden en opvattingen hebben de docenten over het doen van onderzoek?
- Welke kennis, vaardigheden en opvattingen hebben de docenten over de didactiek van leren onderzoeken?

Daarnaast spelen, als we de praktijkkennis van docenten serieus nemen, nog andere zaken een rol zoals: welke verwachtingen hebben de docenten van de scholing, welke leerstijl prefereren ze, wat is hun thuissituatie, in welke leeftijdsfase en loopbaanfase verkeren ze? Op de mogelijke invloeden van deze aspecten wordt hier niet ingegaan. Wel komen ze in de beschrijving van de onderzoeksresultaten indien relevant aan de orde, omdat ze een mogelijke invloed hebben op wat de docenten leren. Op de twee hierboven genoemde kernpunten willen we nog nader ingaan.

Kennis, vaardigheden en opvattingen over onderzoek doen

Kennis, vaardigheden en opvattingen over onderzoek doen ontstaan en ontwikkelen zich door de opleiding die docenten hebben genoten. Wat betreft kennis over en ervaring met onderzoek doen zullen de verschillen tussen zogenaamde eerste- en tweedegraads docenten groot zijn. Een docent met een universitaire opleiding zal zelf ervaring hebben opgedaan met onderzoek in de afstudeerfase van zijn opleiding, en al het een en ander weten over betrouwbaarheid en validiteit van onderzoek. Docenten met een hbo-opleiding hebben over het algemeen minder ervaringen met onderzoek doen. Hun ervaringen beperken zich hoofdzakelijk tot het practicum in het kader van de vakopleiding. De verdere kennis, vaardigheden en opvattingen zijn ontstaan tijdens de onderwijspraktijk (praktijkkennis) en via zelfgestuurd leren (ook wel autodidactisch leren, doe-het-zelf leren of informeel leren genoemd) (Bolhuis, 1995). Verder speelt een mogelijke betrokkenheid bij vernieuwingsprojecten mee, en eventueel reeds gevolgde scholingscursussen. Het is afhankelijk van de mate waarin docenten hiermee bezig zijn geweest, in hoeverre hun kennis, vaardigheden en opvattingen over onderzoek doen zich hebben ontwikkeld gedurende de loopbaan. Daarbij kan gesteld worden dat oudere docenten meer ervaringen hebben kunnen opdoen, en dat opvattingen bij hen wellicht sterker verankerd zijn in hun praktijkkennis en daardoor wellicht moeilijker te veranderen zijn dan bij jongere, minder ervaren docenten.

Er is onderzoek gedaan naar opvattingen van docenten over wetenschappelijke kennis in relatie tot hun onderwijspraktijk. Uit dit onderzoek blijkt dat de kennis van docenten over de methoden die in een discipline worden gebruikt om kennis te creëren – door Schwab (1968) ‘syntactical knowledge’ genoemd – een rol speelt in de manier waarop docenten de leerlingen

instrueren. Brickhouse (1989; 1990) heeft onderzoek gedaan naar de effecten van de opvattingen van docenten op hun onderwijspraktijk. De docenten bleken aanzienlijk te verschillen in hun opvattingen over de aard van wetenschappelijke theorieën, over de aard van wetenschappelijke processen, en over de vooruitgang en verandering van wetenschappelijke kennis. Bovendien bleek, dat bij met name de ervaren docenten hun (over het algemeen consistente systeem van) opvattingen expliciet terug te vinden waren in hun lessen.

Lakin en Wellington (1994) hebben onderzoek gedaan naar opvattingen van docenten over de aard van natuurwetenschappen, en de implicaties ervan voor hun natuurwetenschappelijk onderwijs. Over de docenten die meededen aan het onderzoek konden onder andere de volgende uitspraken worden gedaan:

- Er was bij de docenten onduidelijkheid over de 'wetenschappelijke methode', ofschoon die de basis vormde van het leerlingonderzoek in hun onderwijsprogramma.
- Over de 'teaching strategies' voor het onderwijzen van de aard van de natuurwetenschappen bleken de docenten onzeker. Door enkelen werd als mogelijke didactische werkvormen gesuggereerd discussiëren, werken in kleine groepen, en het rollenspel, ofschoon ze daar niet erg mee vertrouwd leken of er vertrouwen in hadden.
- De docenten hadden behoefte aan lesmateriaal over de aard van de natuurwetenschappen, dat ze op relevante plaatsen in hun onderwijs zouden kunnen gebruiken, en dat door de leerlingen gebruikt zou kunnen worden. Ze gaven ook aan behoefte te hebben aan literatuur om hun eigen kennisleemten op te vullen. Ook gaven ze aan dat ze tijd wilden hebben om strategieën te oefenen, die ze bij hun onderwijs zouden kunnen gebruiken.

Een onderzoek van Abell en Smith (1994) tot slot naar de opvattingen over aard van natuurwetenschappen van leraren in opleiding laat zien dat deze LIO's over het algemeen een positivistische visie op wetenschapsbeoefening hebben, en dat ze weinig nadruk leggen op de sociale en creatieve dimensies ervan.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat docenten aanzienlijk verschillen in hun opvattingen over de aard van de natuurwetenschapsbeoefening, dat veel van deze ideeën nauwelijks aansluiten bij hedendaagse opvattingen over wetenschapsbeoefening, maar dat hun opvattingen wel in grote mate hun onderwijs sturen.

Kennis, vaardigheden en opvattingen over de didactiek van leren onderzoeken

Een uitgebreid onderzoek naar opvattingen van docenten over de didactiek van leerlingonderzoek in het science onderwijs in Groot-Brittannië is verricht in het kader van het OPENS project (Open Work in Science: Simon & Jones, 1992). De antwoorden van de 64 respondenten (op 130 verzonden vragenlijsten) leverden onder andere de volgende resultaten op:

- Het begrip 'openheid' van het leerlingonderzoek werd heel verschillend gepercipieerd en geïnterpreteerd. Alle stadia van openheid bleken in de diverse fasen van onderzoek doen in de klaspraktijk van de docenten aanwezig.
- Als belangrijkste reden voor het laten uitvoeren van onderzoek door leerlingen werd genoemd: het initiatief aan de leerling geven (hoewel niet duidelijk was wat docenten daar nu precies mee bedoelden). Als tweede werd genoemd het motiverende karakter ervan en

als derde het plezier dat leerlingen erin hebben. Het ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden bij leerlingen kwam op de vierde plaats.

- Er bleek in het gegeven onderwijs nauwelijks sprake van integratie van het leren van concepten en het leren van processen. In de 'gewone lessen' werden in de regel feiten en concepten geleerd en in de 'onderzoekslessen' lag de nadruk op het 'leren' van vaardigheden en processen.
- Als belangrijkste beperkende factor bij het introduceren van leerlingonderzoek werd genoemd het gebrek aan middelen (lesvoorbeelden, materialen, technische ondersteuning). Men zag nauwelijks beperkende factoren met betrekking tot houding, kennis en kunde van de leerlingen.

Uit het onderzoek van van Tilburg (1998) naar de opvattingen van Nederlandse natuurkundecdocenten ($N = 9$) over het onderwijzen van onderzoeksvaardigheden blijkt dat ze over het algemeen geen uitgesproken visie hebben ontwikkeld over de wijze waarop deze vaardigheden dienen te worden onderwezen. Ze blijken het meeste te leren van ervaringen in de les en onderschrijven de opvatting dat onderzoeksvaardigheden tot een andere kennisbasis behoren dan de 'gewone' vakkennis. Vakliteratuur over het onderwijzen van onderzoeksvaardigheden wordt door hen nauwelijks gelezen. Al eerder werd geconcludeerd dat slechts een klein deel van de onderbouwdocenten natuurkunde in Nederland ervaring heeft met leerlingonderzoek, en dat de onderwijspraktijk divers is en voornamelijk gebaseerd op impliciete doelen (Smits, 1995).

Conclusies

Opvattingen van docenten over wetenschapsbeoefening zijn divers, en lijken aan te sluiten bij het positivistische standaardbeeld van wetenschapsbeoefening. Dat betekent dat er in de scholing aandacht moet zijn voor eigentijdse opvattingen over wetenschapsbeoefening. Verder is eigen ervaring met wetenschapsbeoefening beperkt aanwezig en dan nog afhankelijk van ervaringen in de opleiding. Kennis over onderzoek zal in de scholing aan de orde dienen te komen, en dienen aan te sluiten bij de reeds aanwezige ervaringen. Over het algemeen ontbreken duidelijke ideeën over een didactiek van leren onderzoeken. Het aantal docenten dat ervaring heeft met leerlingonderzoek in de onderbouw is zeer beperkt: in de regel mag er niet van worden uitgegaan dat er ervaring aanwezig is. De expertise kan uiteraard per docent verschillen. Vandaar het belang van een inventarisatie in het voortraject van de scholing.

3.4.5 De vormgeving van de scholing

De vormgeving van de scholing is gebaseerd op wat hiervoor is vermeld over het leren van docenten en hoe dit te ondersteunen. Centraal daarbij staat de 'didactisch constructivistische' visie op leren, die inhoudt dat kennis door de lerende docenten actief wordt geconstrueerd en dat leren tot stand komt in een onderlinge dialoog tussen mensen. Gekozen wordt voor een

interactieve benadering, waarin de praktijkkennis van docenten en de expertkennis van de universitaire onderzoeker in relatie tot elkaar worden gebracht. Bij de toepassing van de ontwikkelde didactiek in de klas wordt coaching als centrale werkvorm gebruikt.

Structurering van de scholing

Het ligt voor de hand de scholing op te splitsen in drie fasen: een voorbereidingsfase, een uitvoeringsfase, en een evaluatiefase. Deze fasen kunnen als volgt worden omschreven:

- Gedurende de *voorbereidingsfase* wordt aandacht besteed aan: 1) het inventariseren van ervaringen, en het verhelderen van voorkennis en opvattingen; 2) theoretische verdieping, en 3) het samen met de docenten ontwikkelen van een didactiek van leren onderzoeken. Deze fase gaat noodzakelijkerwijs vooraf aan de toepassing.
- Gedurende de *uitvoeringsfase* wordt de ontwikkelde didactiek toegepast en is coaching de centrale strategie. Hierbij wordt de eerder besproken coachingssequentie gebruikt: elke ronde 'onderwijs in leerlingonderzoek' wordt voorafgegaan door een voorbespreking, waarin per ronde de doelen worden geoperationaliseerd. Vervolgens wordt het gegeven onderwijs geobserveerd om feedback te kunnen geven. Na afloop volgt een gesprek waarin het gegeven onderwijs wordt geëvalueerd en een verbeterplan wordt gemaakt. Daarnaast wordt gewerkt aan verdere theoretische verdieping, en het expliciteren en bijstellen van opvattingen.
- Gedurende de *evaluatiefase* wordt de scholing geëvalueerd en worden suggesties gedaan voor een aanpassing van de scholing.

De coach-onderzoeker heeft gedurende de scholing een veelvoud aan taken. Op de eerste plaats regelt en bewaakt hij het scholingsproces, in overleg met de docenten. Verder kiest hij de activiteiten die op bepaalde momenten van belang zijn voor het leerproces van de docenten. Hij stuurt het coachingsproces aan, biedt ondersteuning, stimuleert reflectie en geeft feedback. Hij zorgt voor de evaluatie op het eind van de scholing. Voor alles is de coach-onderzoeker degene die de docenten motiveert en stimuleert om een inbreng te leveren, om hun kennis uit te breiden en hun opvattingen bij te stellen.

Werkvormen

Centraal in de scholing staat de dialoog tussen de deelnemers aan de scholing. Als expert zorgt de coach-onderzoeker voor achtergrondinformatie, en zorgt ervoor dat deze in de discussie wordt ingebracht. Bij de coaching wordt door de coach-onderzoeker mede op basis van zijn observaties, en van de gemaakte video en audio-opnamen, feedback gegeven en reflectie gestimuleerd. In de literatuur wordt ook melding gemaakt van het gebruik van een logboek als middel om de reflectie van de docenten te bevorderen (Korthagen, 1993). Een dergelijk logboek zal ook gedurende de uitvoeringsfase door de docenten worden gebruikt als hulpmiddel bij reflectie.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de scholing, met daarin een globale omschrijving van de inhoud en de activiteiten, die van de docenten en de coach-onderzoeker worden verwacht.

Fasering van de scholing	Globale omschrijving van de inhoud	Activiteiten docenten	Activiteiten coach-onderzoeker
Vorbereiding	- Het inventariseren van ervaringen en knelpunten, en het verhelderen van voorkennis en opvattingen. - Verdieping van kennis over onderzoek - Het ontwikkelen van een globale opzet voor het curriculum van leren onderzoeken.	Actief participeren in de dialoog, en opdrachten uitvoeren.	<u>Algemeen:</u> Het bewaken en sturen van het scholingsproces. De docenten motiveren en stimuleren om hun kennis uit te breiden en hun opvattingen bij te stellen. <u>Specifiek:</u> Het kiezen van de activiteiten die op bepaalde momenten van belang zijn voor het leerproces van de docenten.
Uitvoering	Gewerkt wordt volgens de volgende coachingssequentie: - Vorbereiding - Uitvoering - Evaluatie - Bijstellen van de opzet en inhoud	Het geven van onderwijs volgens de uitgangspunten van de voorbereiding. Het participeren in voor- en nabespreking. Het ontwikkelen van lesmateriaal.	Het coachingsproces aansturen en de coaching uitvoeren (onder andere door observatie van de gegeven lessen), ondersteuning bieden, reflectie stimuleren en feedback geven. Initiatieven nemen voor activiteiten die tot doel hebben opvattingen te expliciteren en theorie aan te brengen.
Evaluatie	Eindevaluatie en suggesties ter verbetering van de scholing en het onderwijs in leren onderzoeken.	Meedenken over de gegeven scholing en over een definitief curriculum van leren onderzoeken..	Het structureren en afnemen van de evaluatie op het eind van de scholing.

Tabel 3.1 - Een overzicht van de scholing.

3.4.6 Evaluatie

Kirkpatrick (1987) maakt bij de effectevaluatie van een scholing onderscheid tussen vier zogenaamde niveaus: het niveau van 'reactie' (hoe hebben de deelnemers de scholing beleefd), van 'het geleerde' (in welke mate is er iets geleerd; welke attitudes zijn veranderd), van 'toepassing' (in welke mate hebben de deelnemers hun gedrag veranderd onder invloed van de scholing) en van 'resultaten' (in welke mate heeft de scholing effect gehad op de leerlingprestaties). Bij de evaluatie van de scholing nemen we deze vier niveaus als uitgangspunt. Ze komen terug in de vragen die gedurende de afsluitende interviews met de docenten worden gesteld.

3.5 SAMENVATTENDE CONCLUSIES

In paragraaf 3.2 is aangegeven, wat op basis van studies over de kennisbasis van docenten de uitgangspunten m.b.t. de inhoud van de scholing zouden moeten zijn. Dit kan als volgt worden samengevat:

- In de scholing behoort tijd te worden ingeruimd voor het opdoen van vakkennis over onderzoek, didactische kennis over leren onderzoeken en eventueel aanvullende kennis en vaardigheden over een interactieve, constructivistische wijze van lesgeven.
- Er zal moeten worden aangesloten bij de praktijkkennis van de docenten, die bij de cursusgever bekend zal moeten zijn of worden.
- De belangrijke rol van opvattingen als drijfveer voor het ontstaan van praktijkkennis en als filter voor de interpretatie van nieuwe kennis zal moeten worden onderkend.
- Er zal rekening gehouden moeten worden met de invloed van de persoonlijke ontwikkeling van docenten op hun professionele ontwikkeling.

In paragraaf 3.3 is op basis van studies ingegaan op opvattingen die er over het ondersteunen van het leren van docenten bestaan, en zijn uitgangspunten geformuleerd voor het scholingsproces. Daarbij is het uitgangspunt dat er gedurende de gehele scholing de gelegenheid moet zijn om expertkennis en praktijkkennis uit te wisselen. Expertkennis omdat het hier gaat om een stuk onderwijsvernieuwing, en praktijkkennis omdat deze kennis meestal dient als leidraad voor het onderwijs dat docenten geven. Een succesvolle scholing moet bestaan uit een mix van activiteiten, waarvoor de onderstaande richtlijnen gelden:

- inbedding van de leeractiviteiten in de unieke context van de school;
- 'ownership' van en actieve deelname aan de leeractiviteiten door de docenten;
- gebruiken van ervaringen van docenten als uitgangspunt bij het aanbieden van theorie;
- focus op samenwerking en collegialiteit;
- mogelijkheid voor docenten om te experimenteren met nieuwe vaardigheden binnen de context van reële lessituaties;
- krijgen van onmiddellijke steun en feedback in de vorm van (collegiale) coaching;
- zien van veranderingen van gedrag en opvattingen van docenten als een langdurig en continu leerproces;
- ondersteuning door de schoolleiding die uitstraalt dat deze leeractiviteiten belangrijk zijn voor de school, hetgeen zich uit in facilitering en prioritering.

Er zal dus gelegenheid moeten zijn om de ontwikkelde didactiek in de praktijk te beproeven met coaching als vorm van begeleiding, waarin reflectie op het gegeven onderwijs centraal staat. Op basis van deze uitgangspunten is in paragraaf 3.4 een scholingsdidactiek geschetst aan de hand van de volgende aspecten:

- *Opvattingen over leren en onderwijzen.* Aangesloten wordt bij het didactische constructivisme, zoals geformuleerd in hoofdstuk 2.
- *Doelen en inhouden.* Als algemene doelstelling kan worden geformuleerd: de docenten verwerven zich de kennis en vaardigheden die hen toerusten om voor hun leerlingen het

onderwijs in leerlingonderzoek zodanig in te richten dat het leerlingonderzoek met voldoende kwaliteit wordt uitgevoerd. De inhoud van de scholing betreft de didactiek van leren onderzoeken, zoals dat in hoofdstuk 2 is geschetst.

- *Beginsituatie van de docenten.* Opvattingen van docenten over wetenschapsbeoefening zijn divers en lijken aan te sluiten bij het positivistische standaardbeeld van wetenschapsbeoefening. Verder ontbreken duidelijke ideeën over de didactiek van leren onderzoeken.
- *Vormgeving van de scholing.* De scholing kent de volgende structurering: 1) Er is een voorbereidingsfase met inventarisatie van expertise en opvattingen, theoretische verdieping, en het ontwikkelen van een globale opzet van het curriculum; 2) Er is een uitvoeringsfase, waarin het ontwikkeld onderwijs wordt toegepast; en 3) Er is een evaluatiefase, waarin de scholing wordt geëvalueerd en de opzet van leren onderzoeken wordt aangepast. In deze fasen worden diverse werkvormen toegepast, die passen bij de beoogde leersituatie van dat moment.
- *De wijze van evalueren.* Hiervoor dient het evaluatiemodel van Kirkpatrick (1987) als leidraad.

Daan (5 jaar): 'Papa, kijk. Allemaal kleurtjes in het water.'

Papa (46 jaar): 'Dat is olie. Die kleurtjes ontstaan op dezelfde manier als bij een regenboog.'

Daan (lachend): 'Dan is er zeker een regenboog in het water gevallen.'

4

HET ONDERZOEKSDESIGN

4.1 INLEIDING

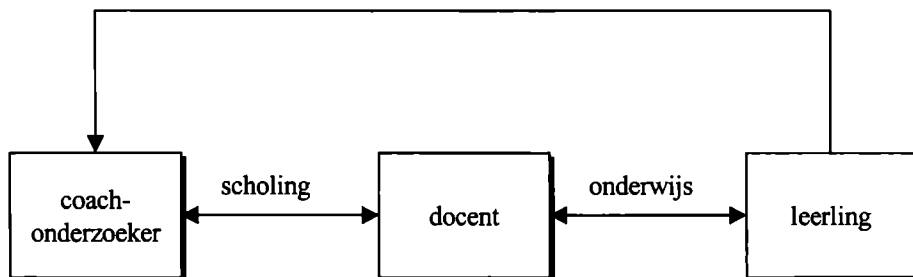
In dit hoofdstuk wordt het onderzoeksdesign beschreven. In paragraaf 4.2 wordt de aard van het onderzoek uiteengezet. Daarbij wordt geopteerd voor een ontwikkelingsonderzoek. In paragraaf 4.3 vindt een beschrijving plaats van de onderzoeksopzet. Paragraaf 4.4 gaat in op de participanten en hun school. Een overzicht van de deelvragen van het onderzoek en van de dataverzameling, analyse en rapportage wordt gegeven paragraaf 4.5.

4.2 AARD VAN HET ONDERZOEK

4.2.1 Gekoppelde leerprocessen

In hoofdstuk 1 werd de probleemstelling van het onderzoek geschetst en werd als centrale onderzoeksvraag geformuleerd: In welke mate draagt de scholing van docenten, zoals door ons ontwikkeld, bij tot onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek in de onderbouw van het voortgezet onderwijs? Hoofdstuk 2 geeft aan de hand van een verkenning van de kwaliteit van leerlingonderzoek een eerste aanzet tot een didactiek voor leren onderzoeken, waarin de kwaliteit van het leerlingonderzoek centraal staat. In hoofdstuk 3 zijn uitgangspunten geformuleerd waaraan een scholingsprogramma moet voldoen dat erop is gericht om docenten te stimuleren deze didactiek te gaan gebruiken in hun lessen. Er is dus sprake van twee scholingssituaties: dat van de docenten (met een bijbehorende te ontwikkelen scholingsdidactiek) en dat van de leerlingen (met een bijbehorende te ontwikkelen didactiek van leren onderzoeken). De didactiek van leren onderzoeken vormt daarbij de inhoud van de scholingsdidactiek. Bij deze twee scholingssituaties zijn drie leerprocessen te onderscheiden:

dat van de leerlingen, dat van de docenten en dat van de coach-onderzoeker¹⁸. In figuur 4.1 is schematisch weergegeven hoe deze leerprocessen aan elkaar gekoppeld zijn. De veronderstelling hierbij is dat de scholing van de docenten invloed heeft op hun onderwijs en daarmee op het leerproces van de leerlingen.



Figuur 4.1 - Het proces van gekoppelde leerprocessen in beeld gebracht.

4.2.2 Ontwikkelingsonderzoek

In dit onderzoek staat de te ontwikkelen scholing en het daarmee samenhangende leerproces van docenten centraal. Uitgaande van de eerste hypothetische aanzet tot een scholingsprogramma (hoofdstuk 3) wordt deze scholing verder in de praktijk ontwikkeld door met docenten een langdurig scholingsproces aan te gaan. Dit scholingsproces en de daaraan gekoppelde evaluatie leveren informatie op om het aanvankelijke ontwerp bij te stellen. Een dergelijke werkwijze vertoont alle kenmerken van een ontwikkelingsonderzoek. Van den Akker (1999) geeft een overzicht van principes en methoden van ontwikkelingsonderzoek en stelt dat het belangrijkste motief om ontwikkelingsonderzoek te doen is dat 'traditioneel' onderzoek tekort schiet daar waar het gaat om het vinden van oplossingen voor allerlei ontwerp- en ontwikkelproblemen in het onderwijs. Een ander motief houdt verband met de ambitieuze en complexe aard van veel onderwijsvernieuwingen. De implementatie van dergelijke vernieuwingen is gebaat bij een meer evolutionaire benadering, waarin het invoeren van vernieuwingen gekoppeld wordt aan onderzoek in een cyclisch proces van uitvoeren, evalueren en verbeteren, uitvoeren etc.

Gravemeijer (1993) zet opvattingen over ontwikkelingsonderzoek af tegen de curriculum ontwikkelingsstrategieën uit de zestiger en zeventiger jaren, waarbij een strenge scheiding bestond tussen ontwikkelen en onderzoeken. Gravemeijer pleit voor ontwikkelingsonderzoek, dat uitgaat van de domeinspecifieke kennis van de ontwikkelaar. Onder domeinspecifieke kennis wordt door hem verstaan vakinhoudelijke kennis, vakdidactische kennis, kennis van

¹⁸In het vervolg wordt de onderzoeker, die de scholing heeft gegeven, aangeduid met 'coach-onderzoeker'.

leergangen en van relevante onderzoeksgegevens. De ontwikkelaar ontwikkelt een minitheorie over hoe het onderwijs (c.q. de scholing) zich zal afspelen en hoe het daarmee samenhangende leerproces van de leerlingen (c.q. de docenten) zal verlopen. In de try-out zoekt de ontwikkelaar vervolgens naar aanwijzingen of het onderwijsproces al dan niet verloopt zoals verwacht. Op basis van deze informatie worden minitheorie en onderwijs (c.q. de scholing) bijgesteld. Op die manier ontstaat in een cyclisch proces van ontwikkeling en onderzoek een product dat theoretisch en empirisch is gefundeerd. Zie ook Lijnse (1995). Over de rol van het experiment als criterium voor het succes van een ontwikkeld curriculumonderdeel zoals dat met name in het traditionele curriculum ontwikkelingsonderzoek het geval was, betoogt Freudenthal (1991), dat over het algemeen onderwijsexperimenten in de onderwijswetenschappen vanwege hun complexe karakter niet herhaalbaar zijn: 'Developmental research means: experiencing the cyclic process of development and research so consciously, and reporting on it so candidly that it justifies itself, and that this experience can be transmitted to others to become like their own experience.' (Freudenthal, 1991, p.161). De bewijskracht ontleent zich dus met name aan het feit dat het experiment voldoende precies is beschreven: het experiment moet virtueel herhaalbaar zijn. Het moet door de buitenstaander te reconstrueren zijn.

De voorliggende studie is een ontwikkelingsonderzoek zoals hierboven beschreven op het terrein van de nascholing: op basis van een theoretisch gefundeerd model voor scholing van de beoogde didactiek van leren onderzoeken wordt deze scholing in de praktijk getoetst, waarbij niet alleen wordt gekeken naar leereffecten bij docenten, maar waarbij met name het scholingsproces zelf object van onderzoek is. De onderzoeksgegevens worden vervolgens gebruikt om het aanvankelijke scholingsprogramma bij te stellen. Vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen of dit bijgestelde programma de beoogde effecten heeft.

Met betrekking tot de validiteit en betrouwbaarheid van dit type onderzoek beperken we ons tot een bespreking van de interne en externe validiteit, en de betrouwbaarheid., waarbij we ons baseren op het werk van Gravemeijer (1993). De interne validiteit betreft de geldigheid van de onderzoeksresultaten in de feitelijke onderzoekssituatie. In deze studie gaat het dus om de geldigheid van uitspraken over de deelnemende docenten in het licht van de onderzoeksvragen. Daarbij is van belang welke instrumenten zijn gebruikt om data te verzamelen, hoe deze data zijn verwerkt en hoe op basis van deze data geldige conclusies zijn getrokken. Hierover wordt in de hoofdstukken 5 t/m 7 gerapporteerd en in hoofdstuk 8 gereflecteerd. Wat betreft de externe validiteit kan worden opgemerkt dat het hier niet gaat om een exacte generaliseerbaarheid van de conclusies naar andere situaties. Het gaat er meer om hoe bepaalde aspecten van de onderzoeksresultaten in bepaalde situaties kunnen worden gebruikt. Wat betreft de betrouwbaarheid (reproduceerbaarheid) werd al eerder opgemerkt dat het hierbij gaat om een virtuele herhaalbaarheid: het gaat erom dat het onderzoek zo wordt beschreven dat het door buitenstaanders gereconstrueerd kan worden. Dit betekent ook dat de empirische basis van het leerproces traceerbaar is (Gravemeijer, 1993). Empirische uitspraken moeten dus teruggevoerd kunnen worden op ruwe data. Deze laatste moeten bewaard blijven en de interpretatie ervan moet zijn vastgelegd.

Tot slot gaan we nog kort in op een onderzoeksbenadering, die erg verwant lijkt aan de

benadering die we hierboven hebben beschreven. Het gaat om 'action research', zoals onder andere beschreven door Oja en Smulyan (1989), en Elliott (1996). Immers, bij ons onderzoek gaat het om het participeren van docenten in een onderwijsverandering (educational change). De vraag is in hoeverre onze benadering kenmerken van actie-onderzoek vertoont. Elliott (1996, p.9) geeft een zestal karakteristieken voor actie-onderzoek:

1. 'It is a process which is initiated by practising teachers in response to a particular practical situation they confront.
2. The practical situation is one in which their traditional curriculum practices have been destabilized and rendered problematic by the development of student resistance or 'refusal to learn'.
3. The innovations proposed arouse controversy within the staff group, because they challenge the fundamental beliefs embodied in existing practices about the nature of learning, teaching and evaluation.
4. Issues are clarified and resolved in free and open collegial discourse, characterized by mutual respect and tolerance for others' views, in the absence of power constraints on the discussion's outcomes.
5. Change proposals are treated as provisional hypotheses to be tested in practice within a context of collegial accountability to the whole staff group.
6. The management facilitates a 'bottom-up' rather than a 'top-down' approach to the development of curriculum policies and strategies.'

Onze insteek verschilt met die van actie-onderzoek op twee essentiële punten: op de eerste plaats is het initiatief van ons onderzoek niet genomen door de docenten vanuit een behoefte om een problematische onderwijssituatie aan te pakken. In ons onderzoek is de inbreng van het te veranderen item door de coach-onderzoeker gebeurd en is geprobeerd om het tot een probleem van de docenten te maken. Er is dus sprake van een aansturing van buitenaf. Op de tweede plaats is de opbrengst van ons onderzoek niet zozeer de oplossing van een bestaand onderwijsprobleem, als wel het ontwikkelen van een didactiek voor een stuk onderwijsvernieuwing. Wat beide benaderingen wel gemeen hebben is de eigentijdse opvatting over hoe docenten met vernieuwingen om dienen te gaan, namelijk in een open dialoog met elkaar.

4.3 OPZET VAN HET ONDERZOEK

4.3.1 Onderzoeksfasering

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de periode 1995 - 2001. In die periode kunnen de volgende fasen worden onderscheiden:

- *Oriëntatie*. Deze fase diende als voorbereiding op de uitvoering van de scholing. In januari 1995 is gestart met een oriënterende literatuurstudie. Deze literatuurstudie heeft tot doel gehad om te komen tot een eerste opzet van het scholingsprogramma en van een didactiek voor leren onderzoeken. Ook is een inventarisatie gemaakt van ervaringen met leerlingon-

derzoek van docenten in de onderbouw van het voortgezet onderwijs (Smits, 1995). Deze inventarisatie heeft onder meer tot doel gehad om geschikte docenten voor de scholing te vinden.

- *Scholing*. In deze fase, die loopt van september 1995 tot juni 1997, is de scholing gegeven.
- *Evaluatie van de scholing*. In deze fase is de scholing geëvalueerd op zowel proces als resultaat.
- *Analyse- en reflectie*. In deze fase zijn de data geanalyseerd en gebruikt om een antwoord op de onderzoeksvragen te geven. Tot slot is gereflecteerd op de onderzoeksresultaten, en op de methodiek. Deze laatste fase viel samen met het schrijven van de dissertatie.

4.3.2 Het zoeken van docenten voor de scholing

Voor het onderzoek zijn docenten gezocht, die bereid en in staat waren om aan de scholing mee te doen. De voorkeur ging daarbij uit naar (liefst alle) onderbouwdocenten van de natuurkundesectie van één school voor havo/vwo. Het idee hierachter was dat het leren dan gesitueerd zou zijn binnen een specifieke groep en binnen een specifieke context (het socio-constructivistische perspectief: zie Boersma, 1995). Een groep van minimaal 3 deelnemers (inclusief de coach) is o.i. daarvoor een voorwaarde

Gekozen is voor de onderbouw (leerjaar 2 en 3) om een paar redenen. Op de eerste plaats start dan het natuurkunde (nask) onderwijs en beginnen alle leerlingen vanuit dezelfde startsituatie aan het leren onderzoeken. Bovendien is het onderzoek dat de leerlingen doen op dat niveau nog niet zo complex en omvangrijk en is de validiteit en betrouwbaarheid van het onderzoek naar verwachting redelijk goed inzichtelijk te maken. De voorkeur voor havo/vwo heeft te maken met de aanname dat op dit schooltype binnen het programma meer mogelijkheden bestaan om ruimte te creëren voor deze onderwijsleeractiviteit. Om problemen rond het implementeren van een onderwijsvernieuwing als leerlingonderzoek te omzeilen is de voorkeur gegeven aan docenten die daar op hun school al mee bezig waren. Daardoor zijn allerlei startproblemen niet aan de orde en kan worden voortgebouwd op wat al in gang is gezet.

Uit een inventarisatie in 1995 naar de manier waarop docenten op hun school leerlingen in de onderbouw onderzoek lieten doen, kwam Sander¹⁹ naar voren als een docent die daar op het Waterland Gymnasium al enige ervaring mee had opgedaan (Smits, 1995). Sander bleek bereid en in staat te participeren in het onderzoek. Vervolgens werd binnen de natuurkundesectie van zijn school nagegaan of er nog meer docenten bij het onderzoek konden worden betrokken. Daarvan bleek Marco ook bereid en in staat mee te doen, en daarmee waren vijf van de in totaal zeven tweede klassen van het schooljaar '95 - '96 en '96 - '97 bij het onderzoek betrokken (zie tabel 4.1). De resterende twee klassen kregen les van een tijdelijke leerkracht, wiens aanstelling te onzeker bleek om ook hem bij het onderzoek, dat een meerjarig perspectief had, te betrekken.

¹⁹Zowel de namen van de beide docenten (Sander en Marco) als van de school (het Waterland Gymnasium) zijn gefingeerd. Dit is gedaan om de anonimiteit zoveel mogelijk te waarborgen.

	Sander	Marco
ronde 1 (leerjaar 2; '95 - '96)	2A, 2C, 2F	2E, 2G
ronde 2 (leerjaar 2; '95 - '96)	2A, 2C, 2F	2E, 2G
ronde 3 (leerjaar 3; '96 - '97)	3B, 3C, 3F	3E, 3G
ronde 4 (leerjaar 3; '96 - '97)	3B, 3C, 3F	3E, 3G
ronde 5 (leerjaar 3; '96 - '97)	3B, 3C, 3F	3E, 3G

Tabel 4.1 - Overzicht van de vijf rondes onderzoek en de klassen. Er hebben bij de overgang van leerjaar 2 naar leerjaar 3 wat mutaties plaatsgevonden in de samenstelling en omvang van de klassen.

Gedurende leerjaar twee en drie werden 5 rondes onderzoek – 2 in het tweede en 3 in het derde leerjaar – uitgevoerd. Dit aantal van 5 is enigszins arbitrair en gebaseerd op de bestaande praktijk van het Waterland Gymnasium. Minder rondes leken gezien de gefaseerde opbouw in openheid niet wenselijk en meer leken niet haalbaar. Om de belasting voor de docent en de onderzoeker te beperken is ervoor gekozen om per docent één klas intensief te volgen, teneinde observaties te kunnen verrichten in het kader van de coaching. De keuze voor deze klas was willekeurig en werd ingegeven door randvoorwaarden als roostering en dergelijke. Wel werd afgesproken dat beide docenten in al hun klassen hetzelfde programma rond leren onderzoeken zouden uitvoeren.

4.3.3 De fasering van het scholingsprogramma

De scholing besloeg een periode van twee jaar, parallel aan het programma van leren onderzoeken in leerjaar 2 en 3. Op die manier kon het leerproces van de beide docenten gedurende een aaneengesloten en samenhangende periode worden beschreven. De scholing kan worden opgedeeld in drie fasen:

- *Fase 1: voorbereiding.* Gedurende de maanden september t/m december '95 vonden zes zogenaamde raamplangesprekken²⁰ plaats ter voorbereiding van het te geven onderwijs, waarvan doel en inhoud in hoofdstuk 5 nader worden uitgewerkt.
- *Fase 2: uitvoering.* Gedurende de periode januari 1996 tot juni 1997 werd het onderwijs uitgevoerd: in vijf rondes werd door leerlingen onderzoek gedaan, twee rondes in leerjaar 2 en drie in leerjaar 3. Tussen de rondes onderwijs in werd een aantal bijeenkomsten gepland met de beide docenten. De gesprekken tijdens deze bijeenkomsten kunnen worden gekarakteriseerd als coachingsgesprekken. Dat betekent dat daarin voor elke onderzoeksronde de elementen van de coachingscyclus terug te vinden zijn: het voorgesprek, het verzamelen van gegevens via lesobservaties (gedurende de onderzoeksronde), en het

²⁰De term 'raamplangesprek' is destijds gebruikt om aan te geven dat een belangrijke intentie van de gesprekken het opzetten van een raamwerk voor een didactiek van leren onderzoeken zou moeten zijn.

nagesprek (de Jonghe e a , 1996) Daarnaast vonden activiteiten plaats die gericht waren op het ontwikkelen van lesmateriaal, het verdiepen van kennis, het ontwikkelen van visies, etc Uiteindelijk bleken er in totaal 18 bijeenkomsten te hebben plaatsgevonden Ook werden de gegeven lessen door de coach-onderzoeker zoveel mogelijk gevolgd en werd een deel van de verrichte observaties gebruikt voor feedback tijdens de bijeenkomsten Zie voor een uitvoerige beschrijving hoofdstuk 6

- *Fase 3 evaluatie* In de maand juni 1997 vond een evaluatie plaats van het gehele proces van scholing in de vorm van een interview van ongeveer drie uur per docent Over deze evaluatie, die ook al werd genoemd als fase in het gehele onderzoek, wordt gerapporteerd in hoofdstuk 7

	1995	1996	1997
fase 1: voorbereiding	s o n d	j f m a m j j a s o n d	j f m a m j j
raamplangesprekken	■		
fase 2: uitvoering			
ronde 1 leerjaar 2		■	
ronde 2 leerjaar 2		■	
ronde 3 leerjaar 3			■
ronde 4 leerjaar 3			■
ronde 5 leerjaar 3			■
fase 3: evaluatie			
evaluatie			■

Figuur 4 2 - Een overzicht van het scholingstraject

In figuur 4 2 is de gehele opzet van het scholingstraject nogmaals weergegeven De fasering van de scholing is ontleend aan de in hoofdstuk 3 ontwikkelde didactiek van scholing

4.4 BESCHRIJVING VAN DE PARTICIPANTEN EN HUN SCHOOL

Docent *Sander* werd geboren in 1960 Hij haalde in 1983 zijn 2de graads bevoegdheid voor de vakken wis- en natuurkunde Van 1984 tot 1992 gaf hij les op het ivbo en in de onderbouw van een scholengemeenschap voor mhv Vanaf 1992 werkt hij in deeltijd in zijn huidige baan op het Waterland Gymnasium, en heeft hij het onderzoeken door leerlingen in zijn huidige

vorm ontwikkeld. De opleiding en ervaring van Sander zijn duidelijk terug te vinden in zijn onderwijsopvatting en onderwijspraktijk: hij wil aandacht voor het praktische aspect van het exacte vak natuurkunde, en hij heeft een natuurlijk overwicht op de leerlingen. Ze vinden hem wel streng, maar niet autoritair. In de klas heerst aandacht voor het lesgebeuren en er is een goede werksfeer. Ordeproblemen zijn gedurende de onderzoeksperiode niet aan de orde geweest. In termen van Interpersoonlijk Leraarsgedrag (Brekelmans & Wubbels, 1990) is Sander zowel leidend als helpend. Buiten school is Sander plezierig in de omgang, en beweegt zich gemakkelijk tussen mensen. Hij is erg gericht op gezin en sociale contacten.

Docent *Marco* werd geboren in 1954 en behaalde in 1981 een 1ste graads bevoegdheid natuurkunde. Hij geeft sinds 1982 les op het Waterland Gymnasium. Daarvoor was hij een half jaar werkzaam op een school in Utrecht. Bij aanvang van zijn baan werd er op school nauwelijks iets aan practicum gedaan. Hij heeft dat toen met zijn toenmalige collega opgezet. Zijn volgende zorg was het leerlingonderzoek in de bovenbouw. Dat draait nu al sinds 1989. Marco is vakinhoudelijk ingesteld. Het is te merken dat Marco meer ervaring heeft met de bovenbouw. Dat heeft in het schooljaar 1995-1996 enkele malen tot misverstanden en wrijvingen met zijn onderbouwklassen geleid. Marco stelt weliswaar eisen aan betrokkenheid van de leerlingen bij de les, maar legt de uiteindelijke verantwoordelijkheid voor het leren bij de leerlingen zelf. In termen van Interpersoonlijk Leraarsgedrag (Brekelmans & Wubbels, 1990) is Marco zowel begripend als ruimte latend. Naast het lesgeven is Marco erg actief in de atletiek.

Het *Waterland Gymnasium* is het enige categoriale (ongedeelde) gymnasium in een middelgrote stad. De school is de laatste jaren flink gegroeid (van 850 leerlingen in het schooljaar 1995-1996 tot over de 1000 leerlingen in het schooljaar 1997-1998). De school is gedurende de periode van onderzoek gehuisvest in het centrum, met twee dependances ('Dep' en 'Oost') elders in de stad. De schoolleiding is actief op het gebied van onderwijsvernieuwing. Men maakt snel werk van onderwijsvernieuwend tendensen die voortvloeien uit het basisvormingsprogramma en de profielnota. Zo geeft de school een map 'studievaardigheden' uit, met daarin onder andere informatie over 'Opzet en uitvoering van een onderzoek in de natuurwetenschappen'. In die zin is de school ook bereid de sectie natuurkunde te faciliteren voor hun leerlingonderzoeksactiviteiten. Dit gaat echter niet zo ver dat ze onvoorwaardelijke steun geven. Zo waren ze niet bereid de betrokkenheid van beide docenten bij het onderzoek vanuit de nascholingsgelden te faciliteren met een taakuur. Een probleem, dat rechtstreeks te maken heeft met de huisvesting vormt de gebrekkige locatie voor natuurkunde. Er is in het hoofdgebouw één practicumlokaal en dat wordt voor alle onderzoekslessen ingeroosterd. Dat lukt aardig, maar heeft ook enkele vervelende consequenties. Het vereist een strak rooster, waarin zo min mogelijk lessen parallel worden gegeven. Dit heeft tot gevolg dat docenten vaak niet samen op school zijn en elkaar in tussenuren niet treffen.

Gedurende de periode van onderzoek bestaat *de sectie natuurkunde*, behalve uit Marco en Sander, ook nog uit een oudere docent. De sectie natuurkunde is het eens over de koers die

met het leerlingonderzoek moet worden gevaren. Men wil over alle leerjaren heen het leerlingonderzoek opbouwen, te beginnen in klas 2 met het leerlingonderzoek van Sander en uitmondend in het Eigen Experimenteel Onderzoek (EXO) in klas 6. Op dit moment zijn in alle leerjaren leerlingonderzoeksactiviteiten gepland. De sectie vergadert regelmatig om een aantal zaken door te praten. Deze vergaderingen zijn om de hierboven genoemde keuze van inroostering ook echt noodzakelijk om met elkaar te kunnen blijven communiceren. De natuurkundesectie heeft de beschikking over één TOA. Deze speelt in de voorbereiding van het leerlingonderzoek een centrale rol (het klaarzetten van de materialen). Daarnaast begeleidt hij bij de uitvoering van het onderzoek voornamelijk op aspecten van materiaalvoorziening en het oplossen van materiaaltechnische problemen.

4.5 ONDERZOEKSVRAGEN EN DATAVERZAMELING

In deze paragraaf komen de onderzoeksvragen aan de orde. Ook zal worden aangegeven op welke wijze de gegevens zijn verzameld en geanalyseerd. In deze paragraaf zullen de gebruikte instrumenten en analysetechnieken slechts in globale zin aan de orde komen.

4.5.1 De onderzoeksvragen

Van de centrale onderzoeksvraag: In welke mate draagt de scholing van docenten, zoals door ons ontwikkeld, bij tot onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek in de onderbouw van het voortgezet onderwijs? zijn op basis van het onderzoeksdesign de volgende deelvragen afgeleid.

Bij de voorbereiding van het onderwijs:

- I a Wat is de onderwijspraktijk van leren onderzoeken op de school en welke opvattingen van de beide docenten liggen daaraan ten grondslag?
- b Tot welke didactische veranderingen in hun onderwijs m.b.t. het leren onderzoeken heeft de voorbereidende fase van de scholing geleid?

Bij de onderwijsuitvoering:

- II a Hoe heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering plaatsgevonden?
- b In welke mate heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering aan de beoogde ontwikkeling van de beide docenten bijgedragen?

Bij de evaluatie van de scholing:

- III a Hoe hebben de beide docenten het scholingsprogramma gewaardeerd?
- b Wat hebben de beide docenten van de scholing geleerd met betrekking tot het leerlingonderzoek?
- c In hoeverre hebben de beide docenten het geleerde in hun eigen onderwijspraktijk toegepast?

- d Is er verbetering opgetreden in de kwaliteit van het leerlingonderzoek, en in welke mate blijkt dat uit de producten van de leerlingen?

4.5.2 Dataverzameling, analyse en rapportage

Dataverzameling

In tabel 4.2 is per onderzoeksvraag een overzicht gegeven van de wijze waarop gegevens zijn verzameld voor het onderzoek. In de tabel is aangegeven welk instrument werd gebruikt om gegevens te verkrijgen. Te onderscheiden valt: het dagboek van de coach-onderzoeker, de observaties die door de coach zijn verricht, de interviews en gesprekken die door de coach met de beide docenten zijn gehouden, de vragenlijst die bij de leerlingen is afgenomen, de onderzoeksverslagen die de leerlingen hebben gemaakt, en tot slot boekjes e.d. met gegevens over de school. Over elk van de instrumenten zal hieronder kort relevante informatie worden verstrekt. De precieze gegevens zijn te vinden bij de desbetreffende hoofdstukken.

Dagboek²¹

Door de coach is een dagboek bijgehouden. Dit dagboek heeft op de eerste plaats de functie gehad van journaal: alle voor het onderzoek relevante gebeurtenissen zijn in het dagboek vermeld met doel, globale inhoud, plaats, datum en tijdstip. Het gaat hierbij om interviews, gesprekken, en lesbezoeken, maar ook om (telefoon)gesprekken met begeleiders en zijdelings betrokkenen. In een aantal gevallen is een persoonlijke indruk weergegeven van hetgeen er is gebeurd. De dagboekgegevens hebben geholpen bij het structureren van de verkregen data, bij het plaatsen van de data in de context van het onderzoek, bij het inventariseren van gespreksthema's tijdens de data-analyse, en bij het zoeken van illustratieve citaten in de protocollen.

Observaties

Van de door de docenten gegeven lessen is het grootste gedeelte door de coach-onderzoeker geobserveerd. Daarbij is speciaal gelet op de manier waarop de docenten zijn omgegaan met de concepten validiteit en betrouwbaarheid bij het begeleiden van de leerlingen. Verder zijn gedurende de les waarin het onderzoek door de leerlingen werd uitgevoerd, de gesprekken van de docenten met de leerlingen op audio-tape opgenomen met een draadloze microfoon en naderhand uitgewerkt tot protocollen. Tot slot zijn ook de bespreek- en presentatielessen op videotape opgenomen. Van deze videobanden zijn samenvattende verslagen gemaakt.

Gesprekken

Gedurende de voorbereidings- en onderwijsfase is een aantal gesprekken gevoerd met de beide docenten samen. Hierbij lagen de globale gespreksthema's van te voren vast, en waren gekozen op basis van lange-termijn doelen en korte-termijn ontwikkelingen. De gesprekken

²¹Door Baarda, de Goede en Teunissen (1997) wordt zoiets een 'logboek' genoemd. Deze term wordt echter in het onderzoek ook gebruikt voor het logboek van de docenten. Vandaar deze andere benaming.

met de docenten hadden een interactief karakter, waardoor er regelmatig een dialoog ontstond. Deze gesprekken zijn op audiotape opgenomen, en naderhand uitgewerkt tot protocollen.

Onderzoeksvragen	Dataverzameling
<i>Bij de voorbereiding:</i>	
I a Wat is de onderwijspraktijk van leren onderzoeken op de school en welke opvattingen van de beide docenten liggen daaraan ten grondslag?	• interview met Sander
b Tot welke didactische veranderingen in hun onderwijs m.b.t. het leren onderzoeken heeft de voorbereidende fase van de scholing geleid?	• gesprekken • dagboek coach
<i>Bij de uitvoering:</i>	
II a Hoe heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering plaatsgevonden?	• gesprekken • dagboek coach
b In welke mate heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering aan de beoogde ontwikkeling van de beide docenten bijgedragen?	• observaties • vragenlijst leerlingen
<i>Bij de evaluatie:</i>	
III a Hoe hebben de beide docenten het scholingsprogramma gewaardeerd?	• evaluatie-interviews
b Wat hebben de beide docenten van de scholing geleerd met betrekking tot het leerlingonderzoek?	• leerlingverslagen
c In hoeverre hebben de beide docenten het geleerde in hun eigen onderwijspraktijk toegepast?	
d Is er verbetering opgetreden in de kwaliteit van het leerlingonderzoek, en in welke mate blijkt dat uit de producten van de leerlingen?	

Tabel 4.2 - Overzicht van de wijze van dataverzameling per onderzoeksvraag.

Interviews

Het interview met Sander, dat is gevoerd tijdens de oriënterende fase (zie paragraaf 4.3.2) kan getypeerd worden als een 'interview guide approach' interview (Patton, 1987): er waren van te voren vragen vastgelegd, die aan Sander en andere docenten werden voorgelegd. Hetzelfde type interview werd ook gebruikt bij de evaluatiegesprekken met de beide docenten afzonderlijk. Van deze interviews zijn protocollen gemaakt.

Vragenlijsten

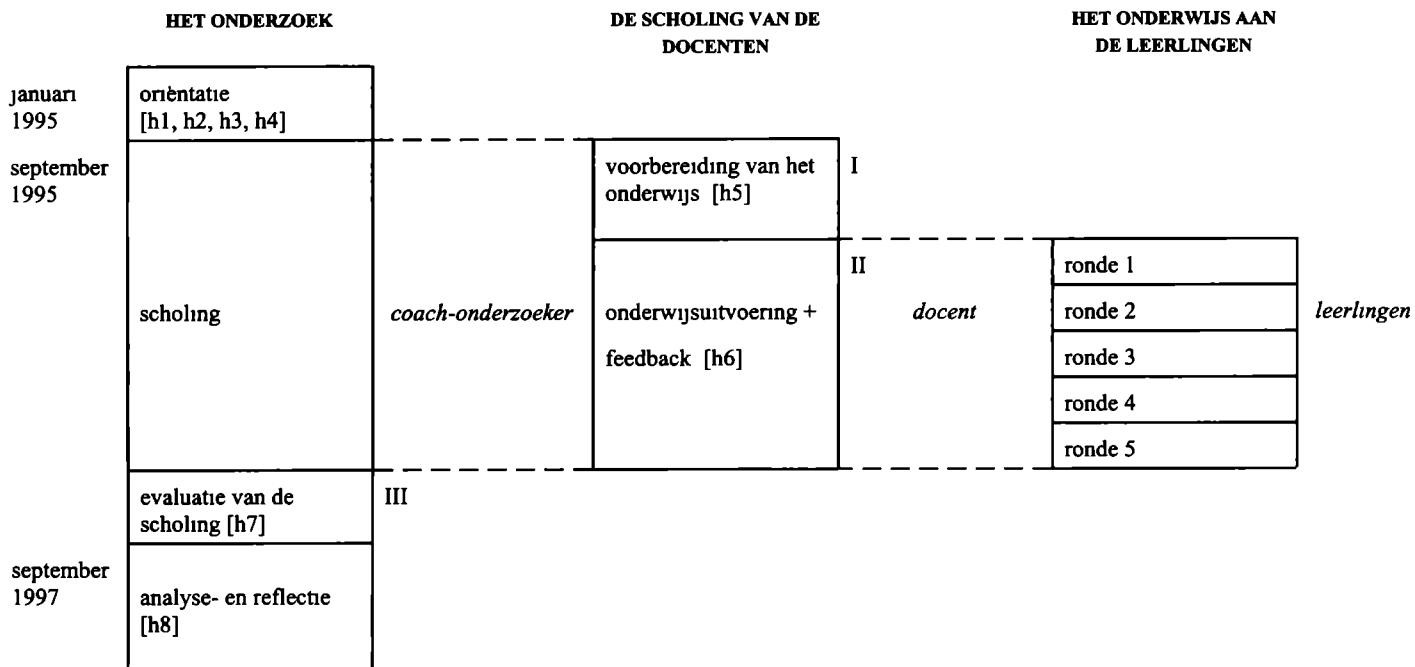
Aan het begin van de coaching werd besloten gedurende het leerlingonderzoek de leerlingen een aantal vragen voor te leggen, teneinde hun percepties over het doen van onderzoek te weten te komen. Deze vragenlijst had in eerste instantie alleen als doel te dienen als feedback naar de docenten toe. In latere instantie zijn de antwoorden op deze vragen ook gebruikt om iets te kunnen zeggen over de percepties van de leerlingen over het doen van onderzoek.

Documenten

Zoals al eerder is aangegeven werden boekjes en folders over de school gebruikt om de school te kunnen karakteriseren. Verder zijn de onderzoeksverslagen van de leerlingen gebruikt om hun ontwikkelingen met betrekking tot de kwaliteit van het uitgevoerde onderzoek te meten.

Analyse en rapportage

Bij de hoofdstukken 5, 6 en 7 is voor de voorbereidings-, onderwijs- en evaluatiefase aangegeven hoe de data zijn geanalyseerd en verwerkt. Samenvattend staat in figuur 4.3 het gehele onderzoek schematisch weergegeven in de tijd, met een aanduiding van de hoofdstukken en de onderzoeksvragen.



Figuur 4 3 - Overzicht van het onderzoek in de tijd In de figuur zijn de drie processen onderzoek, scholing en onderwijs in relatie tot elkaar weergegeven, waarbij het onderwijs aan de leerlingen deel uitmaakt van de scholing van de docenten, en de scholing deel uitmaakt van het verrichte onderzoek In de figuur is met romeinse cijfers aangegeven op welke onderdelen van de scholing de onderzoeksvragen betrekking hebben Verder is aangegeven over welke onderdelen van het onderzoek de diverse hoofdstukken gaan.

Sofie (6 jaar): 'Papa, waarom gaat het vuur uit als je er zand op gooit?'

Papa (48 jaar): 'Het vuur krijgt dan geen zuurstof meer. Je hebt zelf ook zuurstof nodig om te leven. Als je heel lang je mond dichthoudt, dan ga je dood'.

Sofie: 'Het fikkie gaat dan ook dood'.

5

DE VOORBEREIDING VAN HET ONDERWIJS

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden het proces, de resultaten en conclusies van de voorbereidingsfase van de scholing beschreven. Deze fase is noodzakelijk om te komen tot een inventarisatie van de onderwijspraktijk van leren onderzoeken op school, teneinde de startsituatie voor de verdere scholing te weten, en om als ijkpunt te dienen voor het beschrijven van een mogelijke verandering. Daarnaast wordt een groot deel van deze fase besteed aan het samen ontwikkelen van een didactiek van leren onderzoeken, waarbij de inbreng van de coach-onderzoeker met zijn op kwaliteitsverbetering gerichte aanpak van groot belang is. De ontwikkelde aanpak dient vervolgens als eerste aanzet voor het te geven onderwijs. De indeling van dit hoofdstuk is als volgt. Paragraaf 5.2 gaat in op de onderzoeksvragen bij dit hoofdstuk en geeft de opzet van dit deel van het onderzoek. In paragraaf 5.3 wordt de aanvankelijke onderwijspraktijk beschreven van het leerlingonderzoek zoals dat door de beide docenten op hun school werd uitgevoerd. Paragraaf 5.4 beschrijft de activiteiten die zijn uitgevoerd om de kennis, vaardigheden en opvattingen van de beide docenten verder te ontwikkelen. Paragraaf 5.5 tot slot geeft weer welke veranderingen er hebben plaatsgevonden in de aanpak van leren onderzoeken in vergelijking met de aanvankelijke opzet. Het hoofdstuk sluit af met de conclusies en een reflectie op de scholingsdidactiek.

5.2 ONDERZOEKSVRAGEN, DATABRONNEN EN ANALYSE

De te beantwoorden deelvragen voor dit hoofdstuk luiden:

- I a Wat is de onderwijspraktijk van leren onderzoeken op de school en welke opvattingen van de beide docenten liggen daaraan ten grondslag?

- b Tot welke didactische veranderingen in hun onderwijs m.b.t. het leren onderzoeken heeft de voorbereidende fase van de scholing geleid?

Voor het inventariseren van de *onderwijspraktijk* werden de gegevens geput uit een interview met Sander (Smits, 1995), aangevuld met relevante gegevens uit de zes zogenaamde raamplangesprekken²². Citaten uit het interview worden aangeduid met de code 'intS'. Ook zijn gegevens van een casestudie gebruikt om de vigerende praktijk van leerlingonderzoek in een derde klas te beschrijven. De zes op audiotape opgenomen gesprekken, die werden gevoerd aan de hand van een aantal thema's (zie verder), hebben gediend als voornaamste informatiebron voor het beantwoorden van de tweede onderzoeksvraag naar *de didactische veranderingen in het onderwijs m.b.t. het leren onderzoeken*. Om te komen tot valide conclusies zijn deze gesprekken uitgewerkt tot protocollen. De protocollen zijn eerst ontdaan van voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen irrelevante informatie, zoals relationele interacties en afspraken over procedures en data, en vervolgens in combinatie met het dagboek van de coach-onderzoeker meerdere malen zorgvuldig op informatie geanalyseerd aan de hand van voor de onderzoeksvragen relevante kernbegrippen. Computermatige ondersteuning hierbij zou, gezien de duidelijke structurering van de gesprekken, o.i. geen toegevoegde waarde hebben opgeleverd. Bij de beschrijving van het proces in dit hoofdstuk zijn de protocollen grotendeels samengevat weergegeven, en daar waar voor het ontwikkelingsproces karakteristieke uitspraken worden gedaan, uitspraken waaraan bewijskracht kan worden ontleend voor conclusies t.a.v. het ontwikkelingsproces (ook wel te omschrijven als 'critical incidents'), zijn tekstfragmenten letterlijk weergegeven. De selectie van deze tekstfragmenten is tot stand gekomen op basis van het oordeel van de onderzoeker voor zover deze uitspraken relevantie hebben voor de vraagstelling. De citaten worden aangeduid met de code 'rpgN', waarbij N verwijst naar het volgnummer van het gesprek (N = 1, ... , 6). Daarnaast is gebruik gemaakt van het door de coach-onderzoeker bijgehouden dagboek. Citaten uit dit dagboek worden aangeduid met de code 'dgb'. De begin- en eindopzet van het leren onderzoeken op school zijn weergegeven in een schema en de veranderingen zijn geïnventariseerd. Voor algemene gegevens over instrumenten en data-analyse zie hoofdstuk 4.

5.3 DE ONDERWIJSPRAKTIJK

5.3.1 Inleiding

In deze paragraaf zal een antwoord worden gegeven op de vraag: 'Wat is de onderwijspraktijk van leren onderzoeken op de school en welke opvattingen liggen daaraan ten grondslag?'. In feite gaat het hier dus om een inventarisatie van de praktijk van de beide docenten en een

²²Dit interview was onderdeel van een inventarisatie van de onderwijspraktijk van natuurkundedocenten, die in de onderbouw leerlingonderzoek deden. Aangezien dit interview de organisatie van het leerlingonderzoek in de onderbouw van het Waterland Gymnasium betrof, en Sander daar de initiatiefnemer van was, werd een aanvullend interview met Marco niet nodig geacht, omdat deze in de bovenbouw les gaf.

reflectie daarop. De onderwijspraktijk wordt beschreven op basis van de volgende vragen²³: wie nam het initiatief voor het doen van leerlingonderzoek in de onderbouw en op basis van welke argumenten; hoe werd het leerlingonderzoek in de onderbouw gepland; hoe kwam de onderzoeksvraag tot stand en hoe werd het onderzoek door leerlingen uitgevoerd; op basis van welke criteria werd het leerlingonderzoek beoordeeld; welke opvattingen waren er over de opbouw van kennis en vaardigheden bij de leerlingen gedurende het leerlingonderzoek in de onderbouw; welke knelpunten werden door de beide docenten ervaren? Ook wordt ter illustratie van de aanvankelijke onderwijspraktijk een casus beschreven van de wijze waarop leerlingen het leerlingonderzoek uitvoeren. De paragraaf wordt afgesloten met een reflectie.

5.3.2 Een beschrijving van de onderwijspraktijk

Initiatief

Bij de start van de scholing in het najaar van 1995 was er op het Waterland Gymnasium ruim anderhalf jaar ervaring met leerlingonderzoek bij het vak natuurkunde in de onderbouw. Het initiatief voor dit leerlingonderzoek met de naam Practicum Eigen Onderzoek (PEO) was genomen door Sander. Hij had daarvoor een aantal motieven:

(intS) [S = Sander]

S: Wat voor mij heel duidelijk speelt, is zelfstandigheid. Zelfstandig met het boek kunnen werken en zelfstandig bezig kunnen zijn. (...) Ik wil dat ze veel meer met de handjes werken. (...) Ik wil in de onderbouw niet teveel abstraheren. Laat de leerlingen maar met het vak spelen. Als ze eraan toe zijn, moeten ze wel verder kunnen. We hebben ook hoogbegaafden. Met het Practicum Eigen Onderzoek kunnen ze dat ook. (...) We willen met andere secties op één lijn proberen uit te komen met betrekking tot de visie op het vak met als uitgangspunt de natuurwetenschappelijke methode.

Het belangrijkste motief was voor Sander de zelfstandigheid van de leerlingen. Hij had voor het PEO een opzet bedacht, die ook door de andere natuurkundedocenten werd uitgevoerd²⁴. Zie verderop voor een beschrijving van deze opzet. De PEO-activiteiten stonden los van de 'gewone' natuurkundelessen, maar waren daar wel uit voortgekomen. De gebruikte methode, Natuurkunde Overal (Hogenbirk e.a., 1994), bevatte namelijk aan het eind van de meeste hoofdstukken zogenaamde 'keuzeonderwerpen'. Aanvankelijk liet Sander de leerlingen hieruit een onderzoek kiezen, maar uiteindelijk besloot hij om de leerlingen zelf een vraag te laten bedenken om daarmee de motivatie van de leerlingen voor het doen van onderzoek te verhogen, zoals blijkt uit de volgende uitspraak: 'Ja! Maar gewoon, dat ze zelf met een idee komen. (...) Ze staan te popelen om binnen te komen. Van: jongens, ik heb een vraag, ik wil iets doen. Ik bepaal nu mijn eigen onderwijs. En niet van: jongens, we gaan nu met hoofdstuk twee, paragraaf 3 verder' (rpg2).

²³Deze vragen maakten onderdeel uit van het interview met Sander.

²⁴Marco had daarmee geen ervaring, omdat hij hoofdzakelijk in de bovenbouw werkzaam was.

Planning

In de loop van het tweede leerjaar werd door de docent het PEO bij de leerlingen geïntroduceerd tijdens één van de natuurkundelessen. De gang van zaken werd uitgelegd en er werden afspraken gemaakt voor de eerste ronde leerlingonderzoek. Er werd nauwelijks een theoretische onderbouwing gegeven over hoe onderzoek gedaan zou moeten worden. Wel was in het gebruikte leerboek in hoofdstuk 1 al aandacht besteed aan het doen van experimenten en aan de natuurwetenschappelijke methode, en werd in hoofdstuk 2 het verrichten van metingen en het verwerken van de meetresultaten behandeld.

Een onderzoeksrunde werd als volgt gepland: door de docent werd een datum vastgesteld voor de zogenaamde PEO-les. In deze PEO-les konden de metingen voor het onderzoek worden uitgevoerd. Daaraan werd een vervolgdatum gekoppeld waarop het verslag²⁵ klaar moest zijn. Een derde datum, voorafgaand aan de PEO-les, was de deadline voor het inleveren van de onderzoeksvraag. Leerlingen konden een onderzoek uitvoeren in groepjes van 2 tot 4 personen. De groepsvorming werd aan de leerlingen zelf overgelaten. Wel werd de eis gesteld dat de groepssamenstelling per ronde steeds moest wisselen. In de onderbouw werd dit PEO gemiddeld zo'n vier keer in leerjaar twee, en vier keer in leerjaar drie uitgevoerd, afhankelijk van de beschikbare tijd.

Uitvoering

De onderzoeksvraag met bijbehorende veronderstelling en een lijst van benodigde materialen moest door de leerlingen worden aangeleverd op het zogenaamde PEO-formulier (zie bijlage 5.1). Dit formulier ging, voorzien van commentaar, meestal een paar keer op en neer tussen de docent en de leerlingen van de onderzoeksgroep tot er uiteindelijk een goedkeuring van de docent kwam in de vorm van een paraaf. De taak van de docent hierbij was met name het beoordelen van het onderzoek op haalbaarheid. Daarbij baseerde hij zich hoofdzakelijk op zijn expertise met eerder leerlingonderzoek. Duidelijke haalbaarheidscriteria waren niet beschreven en dus ook voor de leerlingen niet inzichtelijk. Waren de leerlingen niet in staat een vraag te bedenken, dan konden ze terugvallen op de keuzeopdrachten in het boek. In de praktijk gebeurde dat echter niet zo vaak. In principe mochten de leerlingen elk onderwerp kiezen (dus ook onderwerpen buiten de behandelde leerstof), mits het betrekking had op het vak natuurkunde. Sander stimuleerde de leerlingen zelf een vraag te bedenken om daarmee hun enthousiasme en motivatie te prikkelen (zie boven). Tijdens de PEO-les liepen docent en technisch onderwijs assistent (TOA) rond, en beantwoordden vragen, losten materiële problemen op en bewaakten de voortgang.

In een aantal gevallen werd het onderzoek buiten school – meestal bij leerlingen thuis – uitgevoerd, omdat leerlingen vonden dat ze daar de juiste materialen tot hun beschikking hadden. Dit werd overigens door de docenten getolereerd, hoewel ze als probleem aangaven dat ze op die manier geen zicht hadden op de uitvoering. Vandaar de eis aan de leerlingen om één en ander op foto's vast te leggen.

²⁵Dit verslag werd soms vervangen door een presentatie, een muurkrant of een tentoonstelling (bijvoorbeeld in klas 3).

Beoordeling

Het verslag werd beoordeeld volgens de zogenaamde 'natte-vinger-methode': er werd een cijfer toegekend op basis van (ook voor leerlingen) impliciete beoordelingscriteria. Sander lichtte dit als volgt toe: 'Leerlingen bij ons hebben erg veel behoefte aan punten. (...) Ik zeg tegen leerlingen: ik kijk niet naar punten, ik kijk niet naar gemiddelden. Ik kijk naar jou, hoe je bent, hoe je werkt.' (intS). Uit dit fragment blijkt dat Sander met deze manier van beoordelen stelling wilde nemen tegen een bepaalde cijfercultuur, die er naar zijn eigen zeggen bij hem op school heerste. Overigens was al een begin gemaakt met het ontwikkelen van een soort globaal beoordelingsschema, waarbij punten konden worden toegekend aan de verschillende fasen van het leerlingonderzoek.

Opbouw van kennis en vaardigheden bij de leerlingen

Bij de achtereenvolgende ronden leerlingonderzoek was er nauwelijks sprake van een door de docent geplande en doordachte opbouw: elke ronde zag er in principe hetzelfde uit en de progressie in kennis en vaardigheden van de leerlingen werd min of meer aan het toeval overgelaten. In leerjaar 3 werden voor de uitvoering van het onderzoek twee lessen uitgetrokken, omdat de meeste onderzoeken in het derde leerjaar in de regel wat omvangrijker en ingewikkelder waren door de aard van de onderzoeksvragen. Sander stimuleerde een afsluitend PEO, waarin de leerlingen zelf iets konden ontwerpen. De producten ervan werden door hem gebruikt voor een tentoonstelling, bijvoorbeeld op een ouderavond. Een motivering voor deze afsluiting gaf Sander als volgt: 'Die handjes gebruiken, dat vind ik toch heel belangrijk' (rpg2).

Knelpunten

Bij het leerlingonderzoek in deze vorm werden door Sander voornamelijk organisatorische problemenesignaleerd. Er waren materiaalproblemen, bijvoorbeeld wanneer leerlingen bepaalde apparaten nodig hadden die er niet waren, of wanneer er apparatuur stuk ging. Dat was met name vervelend als er geen hulp was van bijvoorbeeld de TOA. Een ander probleem betrof leerlingen die geen vraag hadden of van onderwerp wilden wisselen, doordat het onderzoek te weinig perspectieven bood of niet haalbaar bleek. Verder had de natuurkundesectie de beschikking over slechts één practicumlokaal waarin alle PEO-lessen werden gepland. Een probleem van bijzondere aard werd volgens Sander gevormd door het enthousiasme van de leerlingen: ze bleken soms moeilijk af te remmen en staken veel te veel tijd in hun onderzoek. Dat betekende vaak een te grote werkbelasting voor de leerlingen.

Casus: de onderwijspraktijk in klas 3C

Om nog wat beter zicht te krijgen op de onderwijspraktijk van het leerlingonderzoek werden in november 1995 de twee PEO-lessen van een derde klas (3C) van Sander bijgewoond (Rennspies, 1996). Naast het verkrijgen van informatie over praktische organisatie en opzet was tevens het doel het verwerven van inzicht in de wijze waarop zowel docent als leerlingen met validiteit en betrouwbaarheid omgingen. Hierbij werd gebruik gemaakt van audio-opnamen van de gesprekken tussen docent en leerlingen, en van vrije observaties door de coach-

onderzoeker en een assistent. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen van de leerlingen. Deze zijn letterlijk van het PEO-formulier overgenomen.

Een aantal leerlingen bleek problemen te hebben met het maken van een adequate opstelling, met het controleren van variabelen, en met herhaalbaarheid en nauwkeurigheid van metingen. Zo gebruikten de leerlingen van onderzoeksgroep 2 – ze maakten van diverse vruchten een ‘batterij’ door er twee verschillende elektroden in te steken – een stroommeter om de geleverde stroom te meten (die uiteraard afhankelijk is van de inwendige weerstand van de batterij en van de weerstand van de stroommeter), in plaats van een spanningsmeter om de bronspanning te meten. Bovendien hielden ze geen rekening met de mogelijkheid dat de grootte van, de afstand tussen, en de diepte van de elektroden in de vrucht invloed zouden kunnen hebben op de meetwaarden. Een soortgelijk variabelenprobleem hadden de leerlingen van groep 6 (rendement bij verwarmen), die op suggestie van Sander aan drie opstellingen tegelijkertijd gingen meten, maar vergaten te controleren of de spanning op alle drie verwarmingsspiralen wel even groot was. Ze werden daar overigens door Sander niet op gewezen. Ook in groep 7 werden variabelen niet gecontroleerd: steilheid, tijd, grootte en zwaarte van de knikkers werden door elkaar gemeten. Bovendien bleek de roltijd – in de orde van 0,5 s – te klein om nauwkeurig met een stopwatch te meten. Metingen werden ook niet herhaald. In de beperkte tijd die per groep beschikbaar was voor begeleiding – ca. 4 minuten per groep per les – ging het grootste deel van de tijd zitten in niet-inhoudelijke begeleiding. Aspecten rond validiteit en betrouwbaarheid (herhaalbaarheid, nauwkeurigheid) kwamen nauwelijks aan bod.

-
- | | |
|-----|--|
| 1. | Wij willen een elektrische thermometer maken. Met behulp van een voltmeter. |
| 2. | Geven vruchten en groente stroom af en hoeveel? |
| 3. | Wat is de invloed van infrarood op de groei van tuinkers? |
| 4. | Van welke grootheden is de opwaartse kracht afhankelijk? |
| 5. | Hoe kun je van papier een zo sterk mogelijke brug maken om een afgrond te overbruggen? |
| 6. | Hoe groot is bij het verwarmen van water de invloed op het rendement van het gebruik van een deksel? |
| 7. | Wat is het verband tussen de steilheid van een baan en de tijd waarin een knikker er vanaf rolt? En hoe doen de zwaarte en grootte er toe? |
| 8. | Wat is de soortelijke warmte van verschillende stoffen? |
| 9. | Wat is het verband tussen de valhoogte en de valtijd van een blokje? |
| 10. | Hoe kon Jezus op het water lopen? [oppervlaktespanning] |
-

Tabel 5.1 - De onderzoeksvragen van klas 3C voor hun PEO in november 1995.

5.3.3 Conclusie

Het antwoord op onderzoeksvraag I.a wordt hieronder in samenvattende vorm gegeven aan de hand van de eerder genoemde didactiek-aspecten en bediscussieerd wat betreft de aandacht, die er is voor validiteit en betrouwbaarheid.

Opvattingen over leren en onderwijzen

Bij het zicht krijgen op de onderwijspraktijk zijn opvattingen over leren en onderwijzen niet expliciet aan de orde geweest. Uit de observaties valt op te maken dat de wijze van lesgeven niet in strijd is met een gematigd constructivistische visie op leren en onderwijzen: in de PEO-lessen van Sander wordt het initiatief van de leerlingen flink gestimuleerd en gewaardeerd, en is er een open overleg sfeer met de leerlingen.

Doelen en inhoud

De achterliggende motieven van Sander voor het doen van leerlingonderzoek zijn het bevorderen van de zelfstandigheid van de leerlingen, het stimuleren van de motivatie en het scheppen van plezier in het vak. In een later stadium noemt Sander ook nog als motief 'de handjes gebruiken' bij het maken van een apparaat of voorwerp aan het eind van de derde klas. Het begrip 'kwaliteit van onderzoek' in termen van validiteit en betrouwbaarheid wordt tijdens de inventariserende gesprekken door de docenten zelf niet ingebracht. Het wordt door hen niet expliciet ervaren als een knelpunt, waar ze in hun onderwijs aandacht aan zouden moeten geven.

Beginsituatie leerlingen

De beginsituatie van de leerlingen bij aanvang van het natuurkundeonderwijs t.a.v. het valide en betrouwbaar zijn van onderzoek is niet aan de orde geweest. Wel geven de docenten aan dat een bepaalde basiskennis en apparatuurkennis voorwaarde is om aan een onderzoek te kunnen beginnen. Vandaar dat ze apparatuurvaardigheden (het bouwen van opstellingen en het aflezen van meters) met de leerlingen oefenen in een practicum situatie. Verder gaan aan de start van het leerlingonderzoek enkele lessen uit het gebruikte natuurkundeboek vooraf over het uitvoeren en uitwerken van proeven. Daarin wordt aandacht besteed aan het onderwerp 'proeven doen en uitwerken'.

Vormgeving

Elke ronde PEO begint met het formuleren van de onderzoeksvraag. Dit doen de leerlingen thuis, waarna ze op school commentaar van de docent krijgen op hun vraag op basis van impliciete criteria. De kern van het PEO wordt gevormd door de lessen, waarin de leerlingen hun onderzoek uitvoeren. Hiervoor wordt één les (in leerjaar 2) en twee lessen (in leerjaar 3) uitgetrokken. Tijdens deze lessen worden de leerlingen begeleid door hun docent en de TOA. Duidelijke richtlijnen voor deze begeleiding bestaan er niet. Er worden zo'n vier PEO's in leerjaar 2 en vier in leerjaar 3 uitgevoerd. Een strategie voor de opbouw van kennis en vaardigheden bij de leerlingen is nauwelijks aanwezig. De docenten kiezen voor een holistische aanpak omdat ze de motivatie van de leerlingen willen stimuleren en hun zelfstandigheid willen bevorderen. In tabel 5.2 wordt de gang van zaken van een ronde leerlingonderzoek weergegeven.

Wijze van evalueren

De beoordeling vindt plaats op basis van impliciete beoordelingscriteria. Deze beoordeling is erop gericht om een cijfer vast te stellen, dat meetelt voor het rapport. Uit deze en volgende gesprekken blijkt dat hierin een aantal subjectieve zaken meetellen, zoals de persoonlijke ontwikkeling van de leerling, en de participatie in het onderzoek. De docenten hebben een hekel aan de cijfercultuur op school.

Geconcludeerd kan worden dat er van een onderbouwde didactische aanpak van leren onderzoeken niet echt sprake is, omdat de gemaakte keuzen niet of slechts beperkt worden beargumenteerd. Op zich is dat niet zo vreemd omdat kennis hierover beperkt aanwezig is en reflectie op de uitvoering tegen het licht van die kennis niet heeft plaatsgevonden. Er is al helemaal geen sprake van specifieke aandacht voor validiteit en betrouwbaarheid, met name omdat dit niet als een knelpunt wordt ervaren.

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en zet deze, met de hypothese en de benodigde spullen op het PEO-formulier.	PEO-formulier	De docent geeft commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria.
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven.		De docent geeft goedkeuring.
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies.		De docent geeft begeleiding, maar nauwelijks op validiteit en betrouwbaarheid.
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek.	Verslag	De docent geeft beoordeling op impliciete criteria volgens het 'natte vinger model'.
evaluatie	Niet van toepassing	Niet van toepassing	Niet van toepassing

Tabel 5.2 - De opzet per ronde leerlingonderzoek vóór de scholing.

5.4 DE VOORBEREIDINGSFASE

5.4.1 Inleiding

In deze en de volgende paragraaf zal een antwoord gegeven worden op de vraag: 'Tot welke didactische veranderingen in het onderwijs van de beide docenten m.b.t. het leren onderzoeken heeft de voorbereidende fase van de scholing geleid?' Daartoe wordt van het scholingsproces zoals dat heeft plaatsgevonden gedurende de voorbereidingsfase een beschrijving gegeven, en worden op basis van deze beschrijving conclusies getrokken m.b.t. de verkregen resultaten. Zoals eerder in hoofdstuk 4 is aangegeven was het doel van de voorbereidende fase driedelig: 1) het verder verhelderen van opvattingen van docenten en het vaststellen van doelen voor het doen van leerlingonderzoek, 2) het ontwikkelen van zowel vakkennis (in dit geval over het doen van onderzoek) als vakdidactische kennis (over leren onderzoeken), en: 3) het maken van een herziene opzet van leren onderzoeken. Daartoe werden zes raamplangesprekken gepland. Als basis voor de gesprekken diende een globale agenda met gespreksthemas. Deze agenda werd door de coach-onderzoeker zelf opgesteld. De thema's en het achtergrondmateriaal (artikelen, stukken uit leerboeken, eigen stukken, etc.) waren onder andere ontleend aan de literatuurstudie die door de coach-onderzoeker was verricht (zie hoofdstuk 2 en 3). Zie voor een overzicht van de gesprekken en de globale thema's tabel 5.3.

nr	datum	globale thema's
rpg1	29sep95	Toelichting op het promotieonderzoek
rpg2	13okt95	Doelen en inhouden van (natuurkunde)onderwijs en leerlingonderzoek
rpg3	10nov95	De vormgeving van het leerlingonderzoek (I)
rpg4	17nov95	De vormgeving van het leerlingonderzoek (II)
rpg5	08dec95	Begeleiding en beoordeling van het leerlingonderzoek
rpg6	15dec95	Concrete afspraken.

Tabel 5.3 - Een overzicht van de raamplangesprekken en de thema's.

Van elk gesprek werd een verslag gemaakt op basis van de geluidsbandopnamen en dit verslag werd steeds aan het begin van het volgende gesprek uitgedeeld. Het achtergrondmateriaal werd ter ondersteuning van de discussie uitgedeeld op momenten dat dit relevant was. Op basis van de gespreksthemas die aan de orde kwamen, zal in deze paragraaf een chronologische beschrijving van de gesprekken plaatsvinden onder de volgende kopjes:

- *Doelen en inhouden.* Hier worden opvattingen over doelen van onderwijs in het algemeen en leren onderzoeken in het bijzonder besproken. Met betrekking tot de inhoud van leren onderzoeken wordt met name ingegaan op de begrippen validiteit en betrouwbaarheid als

centrale onderzoeksconcepten;

- *Vormgeving*. Deze hangt nauw samen met doelen en inhouden. De mate van openheid in de vormgeving van het leerlingonderzoek, zoals uitgewerkt in hoofdstuk 2, speelt hierin een centrale rol;
- *Begeleiding en beoordeling*. Ook dit aspect staat in nauwe relatie met doelen en inhouden. De vraag is in hoeverre er richtlijnen te formuleren zijn voor het toetsen van de validiteit en betrouwbaarheid van het leerlingonderzoek.

Daaraan voorafgaand wordt beschreven hoe de introductie van het promotieonderzoek bij de beide docenten heeft plaatsgevonden.

5.4.2 Introductie van de scholing

Het eerste raamplangesprek wordt door de coach-onderzoeker gestart met een globaal overzicht van het onderzoek, waarin beide docenten gaan participeren. Aan de hand van een door de coach-onderzoeker geschreven paper over zijn onderzoek worden doelen en inhouden van het onderzoek toegelicht, en met name de rol van validiteit en betrouwbaarheid daarin. Beide begrippen worden in dit stadium van de voorbereiding globaal door de coach-onderzoeker toegelicht. Op zijn opmerking dat deze begrippen aandachtspunten zouden moeten zijn bij de begeleiding van leerlingonderzoek antwoordt Marco: 'Ik ben het er helemaal mee eens' (rpg1). Over het begrip 'validiteit' wordt vervolgens op verzoek van de beide docenten nog wat verder doorgepraat. In deze discussie komt ook het belang van apparatuurkennis aan de orde. Zo willen de docenten voorafgaand aan de start van het leerlingonderzoek leerlingen vaardig maken in het meten met een aantal instrumenten, omdat ze dat belangrijke vaardigheden vinden voor het PEO. 'Dat zijn vaardigheden, die ze al moeten hebben voor de start. Anders krijg je een prutonderzoekje', aldus Marco (rpg1). Ze hebben daarom besloten om deze basis-apparatuurvaardigheden aan te leren in een zogenaamd roulatiepracticum. Daartoe worden in het lokaal verschillende meetopstellingen neergezet. De groepjes leerlingen doen volgens een roulatiesysteem de verschillende opstellingen aan en voeren de bijbehorende opdrachten uit. Daarbij krijgt ook het aspect 'veiligheid' de nodige aandacht.

De fasering van de scholing wordt globaal doorgenomen en de rol die de beide docenten zullen gaan vervullen gedurende de scholing wordt toegelicht. Ook wordt het gebruik van een logboek door de docenten aangekondigd. Over 'observatie en feedback' als onderdeel van de coaching is Sander zeer enthousiast: 'Ik zou het heel belangrijk vinden voor mijn eigen functioneren. Gewoon die spiegel dus. (...) Had ik laatst ook, dat de mentor van de nieuwe docent bij mij in de les is geweest. Dan hoor je die dingen, hè? (...) Echt heel belangrijk'. (rpg1). In paragraaf 5.4.3 komt de discussie over de concepten validiteit en betrouwbaarheid nog uitvoerig aan de orde.

5.4.3 Doelen en inhouden

Teneinde een beeld te krijgen van de opvattingen, die de beide docenten hebben over het natuurkundeonderwijs in het algemeen en het leerlingonderzoek in het bijzonder, wordt geprobeerd om in raamplangesprek 2 deze opvattingen helder te krijgen. Als strategie wordt ervoor gekozen dit te doen aan de hand van een lijst met practicumdoelen. Vanuit deze lijst kan aan de ene kant inzicht worden verkregen in opvattingen over natuurkundeonderwijs in het algemeen, en aan de andere kant in opvattingen over leerlingonderzoek. Van daaruit wordt een inhoudelijke discussie gestart over de kwaliteit van leerlingonderzoek. Beide discussies worden hieronder beschreven.

Doelen

Om een discussie over doelen van leerlingonderzoek te beginnen, wordt een lijst met doelen van practicum door de coach-onderzoeker ingebracht (zie tabel 5.4). Als we leerlingonderzoek zien als een vorm van practicum bevat zo'n lijst ook de doelen van leerlingonderzoek. De definitieve lijst is samengesteld op basis van gegevens uit literatuur over doelstellingen van practicum (zie o.a. Verkerk, 1983). De doelen zijn in een willekeurige volgorde gezet.

Practicumdoelen

- 1 Kennismaken met het empirische karakter van de natuurwetenschappen.
 - 2 Het ontwikkelen van doorzettingsvermogen.
 - 3 Het verhogen van de motivatie voor, en het plezier in het leren.
 - 4 Het ontwikkelen van sociale vaardigheden / samenwerking.
 - 5 Aanleren van onderzoeksvaardigheden.
 - 6 Het ontwikkelen van een kritische houding.
 - 7 Het ontwikkelen van zelfvertrouwen.
 - 8 Ondersteuning bij begripsontwikkeling.
 - 9 Het ontwikkelen van incasseringsvermogen.
 - 10 Het ontwikkelen van motorische vaardigheden.
 - 11 Het vak in een context plaatsen / het zingeven aan de theorie.
 - 12 Het leren oplossen van problemen.
 - 13 Aanleren van apparatuurvaardigheden.
 - 14 Het zelfstandig leren werken / het ontwikkelen van metacognitieve vaardigheden.
-

Tabel 5.4 - De practicumdoelen, zoals die aan de beide docenten zijn voorgelegd.

De coach-onderzoeker heeft de docenten bij deze lijst middels een brief de volgende opdracht gegeven: 'Zou je deze lijst goed willen bekijken en alvast willen nadenken over de doelen die jij belangrijk vindt?' (citaat uit een brief, op 3 oktober 1995 gestuurd naar de beide docenten). Op de vraag om één of twee doelen te kiezen die door hen het belangrijkste worden gevonden noemt Sander 'ondersteuning bij begripsontwikkeling'. Hij onderbouwt deze keuze met het argument dat leerlingen die zelf al wat 'aangerommeld' hebben (zoals in de PLON-cursus

waar hij zelf mee heeft gewerkt), veel gemakkelijker in staat zijn natuurkundige begrippen te leren. Voor Marco blijkt het belangrijkste doel 'het vak in een context plaatsen/het zingeven aan de theorie'. Hij licht dit toe met de opmerking dat de context hier een praktische context is: leerlingen leren meer van dingen die ze zelf doen. In wezen komen beide doelen op hetzelfde neer: laat leerlingen zelf experimenteren, want dat bevordert het begrijpen van de leerstof. Naar aanleiding van het zelf uitvoeren van experimenten wordt door beide docenten het belang onderstreept van de educatieve waarde van een mislukt experiment. In de verdere discussie komen al heel snel andere – vakoverstijgende – doelen aan de orde: het ontwikkelen van zelfvertrouwen, het ontwikkelen van een kritische houding, motorische vaardigheden leren. Het blijkt dat beide docenten deze vakoverstijgende doelen belangrijker vinden dan de vakinhoudelijke doelen.

Als volgende onderwerp worden door de coach-onderzoeker de doelen voor het vak natuurkunde ter sprake gebracht. Het antwoord op de vraag naar algemene doelen voor natuurkundeonderwijs wordt door Marco geformuleerd als: '(...) de wereld om je heen leren snappen. (...) De wereld om je heen is meer dan alleen maar een vak leren. Hier is het echt de technische kant van hoe werkt alles, en alle principes erachter. Die zitten gewoon bijna allemaal in ons vak.' (rpg2). Sander beaamt dit. Omdat Marco zich een 'echte' bovenbouwdocent voelt – in andere gesprekken noemt Marco Sander 'een echte onderbouwdocent' (rpg4) – wordt het verschil in doelen tussen onder- en bovenbouw aan de orde gesteld. Deze blijken elkaar volgens de docenten grotendeels te overlappen, met uiteraard wel het verschil in de aard en omvang van de leerstof.

Met betrekking tot de vraag naar doelen van leerlingonderzoek, een vraag die ook al aan de orde is geweest in paragraaf 5.3, antwoordt Sander: 'Heel belangrijk vind ik dat leerlingen zelf aan het idee kunnen komen. Hé, ik heb een vraag. Mooi. Prima. Heb jij een vraag, weet je wat, ga maar eens opzoeken. Niet van jongens, ik heb hier een mooi velletje, daar staan de spullen, of die staan al klaar voor je. Voer maar opdracht a, b en c uit. Vind ik ook hardstikke goed practicum. Alleen: er is nog een veel groter gebied. Als jij ergens interesse in hebt, breng het mee naar school. Mensen moeten zelf met eigen initiatief komen, en dat is heel moeilijk. Het proces van een vraag ontwikkelen, dat is heel moeilijk'. (rpg2). Deze opvatting – het eigen initiatief van de leerlingen stimuleren – heeft Sander al eerder verwoord, naast de ontwikkeling van een zelfstandige houding en het geven van een eigen verantwoordelijkheid. In de discussie wordt door de beide docenten gerefereerd aan een stukje ontwikkelingsgeschiedenis van het vak natuurkunde op hun school. Daar werd zo'n dertien jaar geleden, als reactie op het toenmalige – theoretisch ingestelde – onderwijs, gestart met leerlingpracticum en is uiteindelijk een vorm van leerlingonderzoek ontwikkeld, eerst voor de bovenbouw en daarna voor de onderbouw. Als 'theoretisch kader' voor het doen van onderzoek wordt het schema gebruikt van de zogenaamde natuurwetenschappelijke methode uit 'Natuurkunde Overal' (zie bijlage 5.2). Dit schema wordt aan het begin van het tweede leerjaar behandeld – het staat in hoofdstuk 1 van het boek voor leerjaar 2 – en de bedoeling is om er in de loop van het curriculum regelmatig naar te verwijzen. Daartoe is het schema in het lokaal als poster opgehangen. Door Marco wordt overigens wel gewezen op de beperkingen van zo'n schema.

Het leren van 'onderzoeksvaardigheden' als doel van leerlingonderzoek wordt door de

beide docenten niet expliciet genoemd. Daarom wordt dit door de coach-onderzoeker ingebracht, waarbij wordt verwezen naar de kerndoelen van de Basisvorming en naar de (voorlopige) eindtermen van de Vernieuwde Tweede Fase. De docenten kunnen zich bij het begrip 'onderzoeksvaardigheid' weinig voorstellen. Om hen daarvan een idee te geven wordt door de coach-onderzoeker een lijst met beoordelingscriteria uitgedeeld, zoals opgesteld door een NVON-werkgroep (Budding e.a., 1992). Deze lijst bevat een aantal criteria, waarmee het werk van de leerlingen kan worden beoordeeld op het vaardig zijn in het doen van onderzoek. Sander merkt op dat hij het een schitterende lijst vindt maar het 'nooit zo een, twee, drie op een rijtje zou kunnen krijgen' (rpg2).

Om meer concreet te krijgen waar in de scholing met het doen van leerlingonderzoek naar toe zal worden gewerkt, wordt door de coach-onderzoeker een reactie van de beide docenten gevraagd op een definitie van leerlingonderzoek. Hij definieert (de toen nog gebruikte term) 'open onderzoek' als: 'Open onderzoek doen is het zelfstandig zoeken van een valide en betrouwbaar antwoord op een onderzoeksvraag'. Sander reageert op de vraag door te vertellen hoe hij de ontwikkeling van de leerlingen ziet:

(rpg2) [S = Sander; T = coach-onderzoeker]

S Ik heb laatst bij de ouders verteld van leerlingen komen binnen met heel weinig vaardigheden. Nu niveau. Dus dat willen we ze eerst aanleren, dat ze daarna practicum gaan doen, begripspracticum, simulatieonderzoek, apparatuurpracticum. En in de zesde moeten ze allemaal zelfstandig een onderzoek kunnen uitvoeren, een open onderzoek. Dus dat is voor mij de hele grote lijn die er moet liggen. Dat ze van niks in feite dat ze zelfstandig en dat ze ook al deze vragen die hier netjes geformuleerd zijn, die moeten ze dus in de loop van die vijf jaar, moeten ze aangeleerd krijgen. En dat betekent voor mij in de tweede klas moeten ze met een hoop apparatuur in aanraking komen.

T Ja, maar dat kan niet allemaal, hè?

S Nee.

T Die apparatuur, dat bouw je langzamerhand op.

S: Ja. Maar ze moeten natuurlijk gelijk wel een basis hebben. Anders dan kunnen ze zo meteen niks gaan doen, want je kunt er niet elke keer bij gaan staan als ze met een gasbrander aan de slag moeten.

Daarmee gaat Sander niet echt in op de definitie, maar herhaalt een standpunt dat al eerder aan de orde is geweest. Op de vraag van de coach-onderzoeker naar de visie van Marco op wat leerlingen eind derde klas zouden moeten kunnen, reageert Marco wat afhoudend. Hij geeft aan dat nog niet te weten: 'Mijn beeld is nu nog heel vaag van wat ze moeten kunnen' (rpg2). Daarmee verschuilt hij zich achter Sander, want: 'die loopt daarin voor'.

Inhouden: validiteit en betrouwbaarheid

Het centrale thema van de scholing is om, zoals eerder in de centrale onderzoeksvraag werd geformuleerd 'de leerlingen onderzoek met voldoende kwaliteit te leren uitvoeren', of anders gezegd de leerlingen te leren de begrippen validiteit en betrouwbaarheid inzichtelijk in hun onderzoek te laten toepassen. Daartoe moeten de volgende stappen worden gezet:

- het geven van motieven aan de beide docenten om validiteit en betrouwbaarheid te gaan zien als belangrijke concepten binnen het leerlingonderzoek;
- het ontwikkelen van kennis over deze begrippen;
- het ontwikkelen van didactische kennis en vaardigheden om deze concepten in het onderwijs vorm te geven.

Hoewel deze stappen direct met elkaar samenhangen, zullen de eerste twee stappen en een deel van de derde stap grotendeels moeten worden gerealiseerd in de voorbereidingsfase, en een deel van de derde stap (het ontwikkelen van vaardigheden) in de uitvoeringsfase, in een cyclisch proces van ontwikkelen, uitvoeren en bijstellen. Om de eerste twee stappen te realiseren wordt door de coach-onderzoeker gekozen voor een soort concentrische aanpak: het onderwerp wordt geïntroduceerd en gedurende de gesprekken aan de orde gesteld zodra dat in de context van het gesprek voor de hand ligt. Op die manier zal er, zo is de gedachte, als vanzelf een motivatie worden opgewekt voor een kennisontwikkeling ontstaan over het onderwerp in kwestie. Voor deze werkwijze zijn twee argumenten te geven. Op de eerste plaats past deze werkwijze beter in een constructivistische opvatting over leren: in een interactief leerproces is er ruimte voor de opvattingen van zowel coach-onderzoeker als docenten en dat leidt tot een effectiever leerresultaat. Op de tweede plaats zijn de concepten validiteit en betrouwbaarheid ingewikkelde concepten, die op allerlei wijzen moeten worden onderbouwd aan de hand van voorbeelden, en met name de vertaling daarvan naar een adequate didactiek is lastig.

De begrippen validiteit en betrouwbaarheid komen in het eerste raamplangesprek aan de orde op het moment dat de coach-onderzoeker de uitgangspunten van zijn onderzoek uiteenzet. De begrippen worden door de coach-onderzoeker toegelicht aan de hand van een onderzoeksvoorbeeld. Het idee om de criteria voor valide en betrouwbaar onderzoek aandachtspunten te laten zijn voor de begeleiding door de docenten wordt, zoals al eerder is vermeld, door beiden onderschreven. In de discussie over beide begrippen vindt ook al een eerste conceptvorming plaats:

(rpg1) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

M: Dat betrouwbaarheid, daar kan ik me wel iets bij voorstellen. Van validiteit is, dat je de boel goed opgezet hebt, dan.

T: Ja. Validiteit, dat heeft betrekking op, even kort zeggen, dat je de onderzoeksvraag ook echt beantwoord hebt.

M: Ja.

T: Dat je dus een antwoord hebt dat waarde heeft voor ...

M: ... voor wat je wilt weten.

T: Ja.

M: Dat je niet weggelopen bent ergens.

Uit bovenstaande dialoog blijkt dat met name het begrip validiteit voor de beide docenten – en in zekere zin ook voor de coach-onderzoeker – een in natuurwetenschappelijk onderzoek weinig expliciet gebruikt en lastig te operationaliseren begrip is. Het blijft wat oppervlakkig aanwezig gedurende de gesprekken. Wel worden begrippen als ‘eerlijk meten’, ‘eerlijke test’ en ‘eerlijk vergelijken’ gehanteerd, maar deze zijn te beperkt. Betrouwbaarheid daarentegen is voor docenten een begrip dat in hun studie met name door het practicum een centrale plaats heeft ingenomen. Daar is veel tijd besteed aan zaken als toevallige fouten, het herhalen van

metingen, het bepalen van de meetfout en foutenvoortplanting²⁶.

Naar aanleiding van de dialoog geeft de coach-onderzoeker aan dat hij daarin niet een uitgesproken expert is, maar dat hij samen met de docenten hoopt zijn eigen kennis en vaardigheden verder te ontwikkelen. Daartoe wordt door hem een artikel uitgedeeld, waarin hij zijn gedachten over dit onderwerp heeft uitgewerkt²⁷. Dit artikel krijgen de beide docenten als huiswerk mee. In de volgende gesprekken wordt daar overigens noch door de beide docenten, noch door de coach-onderzoeker expliciet op teruggekomen.

Tijdens het tweede raamplangesprek met als centraal thema doelen van onderwijs en leerling-onderzoek komen de begrippen validiteit en betrouwbaarheid twee keer ter sprake. De eerste keer gebeurt dat naar aanleiding van een discussie over de relatie tussen wetenschappelijk onderzoek (de productie van nieuwe universele kennis) en leerlingonderzoek (de (re)productie van locale feitenkennis). In dat verband wordt een onderzoek aangehaald naar het absorptievermogen van maandverband:

(rpg2) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

M: (...) het meeste wat eruit komt zal voor ons of voor anderen wel bekend zijn maar het zal anders nooit aan bod komen. In die zin is het nieuw, denk ik.

S: Absorptievermogen van maandverband.

M: Dat weten ze al hoor. Op de STER hebben ze zoveel proefjes...

S: Maar daarom willen ze het herhalen.

M: Ja. Zo van word ik niet voor de gek gehouden?

S: Ja, precies.

T: Ja, dat zou dan wel nieuwe kennis zijn maar....

M: Het is controle hè. Dus, het moet reproduceerbaar zijn. Ha ha. Ik bedoel, ieder nieuw experiment wordt pas erkend als het herhaald kan worden.

S: Ja. (...)

In dit voorbeeld komt de reproduceerbaarheid van metingen aan de orde. De tweede keer wordt de validiteit van een onderzoek ter sprake gebracht naar aanleiding van een doelstelling die Marco noemt ten aanzien van het doen van onderzoek: ' (...) het leren weergeven van wat je uitgevoerd hebt.' (rpg2).

(rpg2) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

S: Ik geloof, dat zei Marco toch een keer, dat ze het moeten kunnen overbrengen op de rest van de klas. Daar vind ik wat inzitten.

M: Dus dan moet je echt zeggen van ja, alleen met de uitkomst ben ik het niet eens. Ik vind dat je het goed hebt aangepakt, alleen met de uitkomst ben ik het niet eens, en je hebt daar en daar een fout gemaakt.

T: Ja precies. Een leerling, die een perfect onderzoek gedaan heeft, en uiteindelijk moet je zeggen van ja sorry maar ik kan niks concluderen, die kan dus een tien krijgen, want er is een perfect onderzoek gedaan.

S: Vind ik prima. Zonder meer.

²⁶Zo komen in de 'handleiding algemeen' van het natuurkundepracticum aan de KUN de volgende onderwerpen aan bod: doel en zin van foutenanalyse, foutenbronnen, systematische en toevallige fouten, histogram, middelbare fout in een waarneming, standaardafwijking, normale verdeling, afleesnauwkeurigheid, foutenvoortplanting, kleinste kwadraten methode.

²⁷Zie: Smits, Th. (1995). *Het ontwikkelen en begeleiden van open onderzoek*. Interne notitie. Nijmegen: KUN.

T: En ook valide want hij heeft uiteindelijk geen antwoord kunnen geven op zijn vraag. Dat is dus, dus valide en betrouwbaar vind ik belangrijk als onderzoeksconcepten.

De discussies in de raamplangesprekken 3 en 4 over de didactische uitwerking van het leerlingonderzoek geven op een paar momenten aanleiding om te praten over validiteit en betrouwbaarheid. Het onderstaande fragment gaat in op een aspect van validiteit, namelijk de definitie van grootheden en de wijze waarop grootheden in een getal kunnen worden uitgedrukt (gemeten kunnen worden), en op een aspect van betrouwbaarheid, namelijk de nauwkeurigheid van meten. De discussie wordt gevoerd naar aanleiding van de vraag naar de zinvolheid van het maken van een werkplan door de leerlingen, en welke onderdelen in zo'n werkplan moeten worden opgenomen. Zo zien de docenten het belang in van het laten maken van een werkplan als een eerste operationalisering van de onderzoeksvraag, waardoor de leerlingen er zelf achter komen wat kan en wat niet kan, en van het geven van een hypothese bij de onderzoeksvraag in de betekenis van een (liefst beargumenteerde) veronderstelling:

(rpg4) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: (...) Of nee, ze hebben de vraag, he? Die vraag die zal in het begin niet goed zijn. Waarom niet? Omdat er bijvoorbeeld dingen aan de orde komen, concepten of begrippen of grootheden die überhaupt slecht of moeilijk te meten zijn, of niet te meten zijn.

M: Oppervlaktespanning.

T: Bijvoorbeeld.

M: Dat is het beste voorbeeld. Dat gaat altijd fout.

T: Hardheid van een stof. (...)

M: Ja, gaat ook fout.

T: Goed. Daar lopen ze dus tegen aan. Dan hebben ze op een gegeven moment duidelijk in de vraag staan wat ze willen meten, en zo. Dan moeten ze dat dus omzetten in een plan van: ik moet dat gaan meten, hoe doe ik dat dan precies? Opstelling, etc. Ik denk dat dus een werkplannetje maken best wel handig is.

S: Ja, een werkplan is dan de vraag, veronderstelling, opstelling, benodigheden.

(...)

S: En ook een beetje de werkwijze, want vaak, ik noem maar iets, dat ze dingen twee keer gaan meten, dat ze dat vermelden, hè?

M: De veronderstelling erbij is ontzettend handig, omdat ze er zelf achter komen dat hun vraag niet kan.

S: Ja, maar door die veronderstelling weet je ook welke kant ze een beetje denken.

T: Ja, en niet alleen de veronderstelling. Stel, leerlingen moeten wat meten, een grootte, hè?

S: Ligt aan de soort vraag.

T: Hangt van het soort vragen af, ja. Als je een verband moet meten dan kun je daar een veronderstelling over hebben, van het zal ongeveer zus en zo lopen. Eh, ik vind ook orde van grootte belangrijk, want bijvoorbeeld, daar hadden we het vanmiddag over, die leerlingen met die knikker, bijvoorbeeld hè? Die kwamen er op een gegeven moment achter dat met ze met de stopwatch helemaal niet meer die tijd kunnen meten. En dat soort dingen. Dat ze dat leren, van verrek. (...)

In de uiteindelijke vaststelling van de doelstellingen voor het leerlingonderzoek wordt de aandacht voor validiteit en betrouwbaarheid als centraal item gekozen:

(rpg6) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: En eh, wij zijn het er ook over eens dat validiteit en betrouwbaarheid ... dat wordt het uiteindelijk...

M: Criterium.

T: Criterium. Wij willen, of jullie proberen om leerlingen zo ver te krijgen dat ze dus daar op letten.

S: Ja.

T: En ik ben benieuwd hoe jullie dat doen. Hoe je daar mee omgaat?

S: Ja. Dat hoor je zo meteen volgende week al.

T: Ja, en hoe dat dus in de loop van de ronde verandert.

S: Ja.

T: Zeg maar, hoe jullie kijk daarop, hoe jullie ideeën daarover en inzicht daarin...

S: Ja.

T: En natuurlijk ook voor mezelf. Want ik zie ook veel dingen gebeuren en bij mij ontwikkelt dat ook nog dus.

In de discussie over de begeleiding van het leerlingonderzoek en de beoordeling ervan door de docent (raamplangesprek 5) en bij het maken van de afspraken voor het onderwijs gedurende de komende twee jaar (raamplangesprek 6) komen de concepten validiteit en betrouwbaarheid nog een aantal keren aan de orde. Dit wordt in de paragrafen 5.4.4 en 5.4.5 nader uitgewerkt.

5.4.4 Vormgeving

De vormgeving van het leerlingonderzoek als belangrijk onderdeel van de didactiek van leren onderzoeken is in de voorbereidende gesprekken een belangrijk onderwerp geweest, omdat deze vormgeving uiteindelijk bepalend is voor de wijze waarop doelstellingen en inhoud worden omgezet in concreet onderwijs. Vormgeving is in dit verband een veelomvattend begrip, waaraan een aantal aspecten is te onderscheiden. Het gaat om activiteiten, werkvormen, lesmaterialen, afspraken en planning binnen het leertraject van leren onderzoeken in de onderbouw, op basis van opvattingen over doelen en inhoud, en op basis van opvattingen over leren. Het ligt voor de hand, om bij de vormgeving uit te gaan van de bestaande praktijk, zoals beschreven in paragraaf 5.3, om van daaruit op basis van nieuwe inzichten beargumenteerde nieuwe keuzen te maken.

In de vormgeving spelen twee zaken een rol. Op de eerste plaats gaat het om de activiteiten en werkvormen per ronde leerlingonderzoek: wat is een goede manier om een leerlingonderzoeksopdracht voor te bereiden, te laten uitvoeren en te laten presenteren in de breedste zin van het woord (verslag, voordracht, poster, etc.), en hoe zorg je als docent ervoor dat de begeleiding zodanig is dat de leerlingen leren reflecteren op hun werk met betrekking tot het valide en betrouwbaar zijn van hun onderzoek. Op de tweede plaats gaat het om de opbouw van kennis en vaardigheden gedurende een serie longitudinaal geplande onderzoeksronden in leerjaar twee en drie. In hoofdstuk 2 zijn daarvoor drie modellen beschreven. In deze paragraaf zal de discussie over de opbouw worden beschreven. De beargumenteerde keuzen voor de eerste ronde leerlingonderzoek worden gegeven in paragraaf 5.5.

Zoals uit de aanvankelijke onderwijspraktijk valt op te maken heeft Sander geen stevig onderbouwde argumenten voor de opbouw van het leren onderzoeken. Zijn aanpak in de onderbouw stoelt eigenlijk op twee uitgangspunten. Op de eerste plaats wil hij eind klas 3 toe naar een onderzoek waarbij de leerlingen iets kunnen maken ('de handjes gebruiken'). Daarnaast is voor hem een belangrijk punt dat de leerlingen zelf een vraag kunnen kiezen. Deze openheid van de vraagkeuze is in raamplangesprek 3 tot en met 6 een belangrijk discussiepunt. In die discussie neemt de coach-onderzoeker het standpunt in, dat de lineaire opbouw

voor het leren onderzoeken de in zijn ogen beste methode is. Deze lineaire opbouw houdt in dat de openheid van het onderzoek toeneemt vanaf ronde één tot en met ronde vijf. In termen van Boekaerts en Simons (1993) betekent dit een ontwikkeling van 'docent-gestuurd onderwijs' naar 'leerling-gestuurd onderwijs'. De argumentatie van de coach-onderzoeker is dat op deze manier het onderwijs-leerproces beter beheersbaar is: de verschillende aspecten van validiteit en betrouwbaarheid kunnen dan per ronde gedoseerd worden ingebracht en zo voor de hele groep bespreekbaar gemaakt worden. De aanvankelijke onderwijspraktijk op het Waterland Gymnasium houdt een holistische benadering in: geef de leerlingen vanaf het begin de verantwoordelijkheid voor hun eigen onderzoek met een eigen onderzoeksvraag. Dat dit voor de leerlingen niet altijd even gemakkelijk is, wordt overigens door Sander en Marco onderkend: 'Het proces van een vraag ontwikkelen, dat is heel moeilijk', aldus Sander in raamplangesprek 2. Deze gevleugelde uitspraak is in het vervolg van de scholing vaak herhaald.

In raamplangesprek 3 komt de opzet van het leerlingonderzoek voor het eerst expliciet aan de orde. Daarin begint de coach-onderzoeker met een uiteenzetting van zijn opvattingen over de opbouw van kennis en vaardigheden bij de leerlingen via het lineaire model. Als onderbouwing hiervan wordt de opvatting van Lock hierover aan de hand van zijn artikel toegelicht (Lock, 1990). Sander geeft daarbij als reactie dat voor hem het open werken een wezenlijk iets is, maar erkent ook dat er een aantal problemen ontstaat door een open aanpak vanaf het begin. Marco veronderstelt dat in een helemaal gesloten situatie een boel creativiteit van de leerlingen wordt gemist. Wel vindt Marco dat alleen maar iets aan validiteit en betrouwbaarheid kan worden gedaan als het in stappen wordt gebracht. Desondanks kiest ook hij uiteindelijk voor de open variant van Sander met als argument de leerlingen enthousiast te houden. De coach-onderzoeker onderhandelt vervolgens met de beide docenten over een compromis. Zo'n compromis lijkt in de discussie ook door de beide docenten te worden ondersteund, zoals door het volgende fragment wordt geïllustreerd:

(rpg4) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: Ja. Maar dus, dus, ik proef dan toch bij jou of bij jullie een, een, zo iets van een trial en error. Probeer maar, je loopt tegen een heleboel dingen aan. Je hebt je onderzoek gedaan, is misschien niet helemaal goed. Maar als je maar in de gaten hebt wat je fout doet. Volgende keer gaat het beter, enzovoorts. Elke keer kom je weer een stapje verder. Wat ik propageer is, dat ik greep wil proberen te krijgen op het leerproces zelf door het juist stapje voor stapje moeilijker te maken.

M: Hmm. Ik vind dat we het ene moeten doen en het andere niet moeten laten.

T: Als jullie zeggen van je kunt lullen wat je wil, wij kiezen deze insteek, dan zeg ik van oké. Dan gaan we gewoon kijken hoe we daar vorm aan kunnen geven.

S: Ik denk dat we best wel een heel mooi compromis kunnen vinden. Maar voor mij is heel belangrijk, dat die hele open poot blijft bestaan.

Het eerste voorstel van de coach-onderzoeker met betrekking tot het inperken van de vrije keuze van de leerlingen betreft het voorschrijven van het type onderzoek aan de leerlingen²⁸.

²⁸Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen vijf typen, te weten: ontwikkelend (of ontwerp) onderzoek, beschrijvend onderzoek, bepalend onderzoek, vergelijkend onderzoek en experimenteel onderzoek.

Het idee daarachter is, dat door de beperking tot slechts één type – bijvoorbeeld een vergelijkend onderzoek – de validiteit en betrouwbaarheid ervan beter beheersbaar en inzichtelijk te maken zal zijn:

(rpg4) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: Maar je kunt tegen leerlingen zeggen van ja, jullie mogen de onderzoeksvraag zelf kiezen, maar ik wil wel dat het dat soort onderzoek wordt. Daar heb je dus de vrijheid, dan beperk je de vrijheid ook een beetje.

S: Ja.

T: Want het type onderzoek...

S: Ja, en daar heb ik een beetje meer moeite mee.

T: Ja, precies. Nee, oké.

M: Daar heb je moeite mee?

S: Ja.

T: Nou, had je daar geen moeite mee?

M: Nou, ik kan me op een gegeven moment indenken, dat je bijvoorbeeld zegt van deze keer wordt het iets zoals in de, zoals de consumentenbond iets onderzoekt.

Dit voorstel wordt uiteindelijk door de beide docenten verworpen. Een tweede voorstel van de coach-onderzoeker betreft het beperken van het leerstofgebied: laat de leerlingen kiezen uit een onderzoek dat gaat over leerstof, die ze al hebben gehad. Ook dit vindt geen genade in de ogen van de beide docenten:

(rpg4) [S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: En als jij zegt van oké, jongens, alleen maar bekende stof. We beginnen pas, pas in februari waarschijnlijk. Dan hebben ze al heel veel gehad.

S: Alleen maar bekende stof, dan beperk je die vrije....

T: Ja, ik snap het.

Ondanks de geboden alternatieven blijft met name Sander volharden in zijn opvattingen. Hij gebruikt daarbij argumenten, die steeds neerkomen op de vrijheid die de leerlingen moeten hebben om zelf voor een vraag te kiezen. De voorkeur van Sander voor een vrije vraagkeuze van de leerlingen is enerzijds gerelateerd aan het geven van de verantwoordelijkheid aan de leerlingen voor hun eigen leerproces, en anderzijds aan het waarderen van de motivatie die er bij leerlingen bestaat om iets vanuit zichzelf te onderzoeken. In die zin houdt het geven van vrijheid voor Sander als vanzelf de zelfstandigheid, het eigen initiatief, en de eigen verantwoordelijkheid in. Hij vindt dat het PEO zich daarmee onderscheidt van de gewone lessen en dat vindt hij zeer belangrijk. Uiteindelijk wordt door docenten en coach-onderzoeker de keuze gemaakt voor een in principe vrije keuze van de onderzoeksvraag, met de mogelijkheid terug te vallen op bestaande onderwerpen en vragen.

5.4.5 Begeleiding en beoordeling

In raamplangesprek 5 komt de begeleiding en beoordeling van het onderzoek aan de orde. Bij de manier van begeleiden spelen de opvattingen van de beide docenten over hoe leerlingen leren een belangrijke rol. Immers: de wijze van denken over leren speelt een rol in de manier waarop de docent communiceert met de leerling. Docenten die nog geloven in het top-down

overbrengen van kennis zullen meestal op een andere manier met leerlingen communiceren dan docenten die geloven dat leren een constructief proces is, waarbij moet worden uitgegaan van en moet worden aangesloten bij de voorkennis van de leerlingen. Met name Marco ziet heel helder de relatie tussen de vastgestelde eindtermen en de taak van de docent om leerlingen zover te brengen dat ze deze einddoelen vanuit hun eigen motivatie willen bereiken, hetgeen hij in raamplangesprek 4 als volgt verwoordt:

(rpg4) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

M: Wat Hans Beltman²⁹ ooit zei: het gaat er mij niet om wat ik denk. Het gaat er om wat de leerling denkt en hoe ik, wat hij denkt kan sturen in de richting die ik wil.

S: Ja, ja.

M: Eh, bij alles wat je zelf opzet, ben je je eigen gedachten aan de leerlingen aan het opleggen.

S: Ja.

M: En het gaat erom, dat wat die ander denkt langzamerhand misschien wel bijgestuurd wordt, maar dan wel vanuit zijn denken en niet vanuit mijn denken.

S: Ja, precies.

T: Ja, zo denken we over jullie ook.

(gelach)

Over de aard van de begeleiding zijn beide docenten het niet geheel eens, zoals blijkt uit het volgende citaat. Het dilemma daarbij is dat de docent de leerlingen voortdurend kan corrigeren op fouten tijdens de uitvoering van hun onderzoek, maar dat hij ze ook kan laten aanmoderen. Het weergegeven gesprek gaat over een groep leerlingen die de tijd willen meten van een kogel die door een goot een helling afrolt. Als klok gebruiken ze een stopwatch. De helling heeft een lengte van 1 m. De door Marco genoemde getallen hebben betrekking op de afstand (in cm) waarover een uiteinde van de helling omhoog wordt gebracht:

(rpg5) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: (...) Je kunt aan die onderzoeksvragen... Eigenlijk kun je hier een heel uur aan besteden op zich. Voorbeeld uit jouw klas [de 3C-klas van Sander]. Daar was een groep, die was bezig met het bepalen van valtijden van kogels op een helling, zo iets. Je kunt op je klompen aanvoelen, dat gaat fout, want op een gegeven moment meten ze tijden die niet meer te kloppen zijn met de hand. Wat doe je dan? Zeg je al van te voren als ze die vraag stellen, van jongens heb je daar aan gedacht. Of zeg je van daar komen ze wel achter?

M: Dat hangt af van de opstelling, die ze erbij geven. Zo van: een opstelling die gewoon niet uitvoerbaar is, over die afstand kun je gewoon niks meten. (door elkaar gepraat).

T: ... Nou, op een gegeven moment trekken ze die helling omhoog...

M: Nou, daar komen ze wel achter...

T: Daar komen zij wel achter, maar jij wist dat van te voren al.

M: Ja, maar als zij zeggen van: ik kan hem vijf centimeter, tien, vijftien, twintig maken, dan hebben ze nog steeds meetbare cijfers en ze komen er wel achter dat ze bij 50 geen meetbare cijfers meer hebben of zo.

T: Maar je kunt ook van te voren even zeggen, van jongens besef je dat, of heb je erover nagedacht wat voor een tijden zul je meten? Zou je niet eerst een keer een try-out doen. Ik bedoel ...

M: Ik denk dat ze juist daar van leren, al doende komen ze... Dat soort vaardigheden moet ik ze niet gaan inpompen, dat soort vaardigheden komen ze al doende achter.

T: Oké. Twee dingen. Op de eerste plaats is het natuurlijk jammer voor het onderzoek, ze verliezen tijd en misschien kunnen ze dat zelfs niet eens ...

S: Als ze één les hebben is het weg.

²⁹Hans Beltman was vakdidacticus natuurkunde aan de KUN in de periode 1979-1988(†).

M: Hoezo, van vijf en van tien en van vijftien. Dat kun je toch allemaal meten ?

S: Met de hand?

M: Over een meter en vijf centimeter verschil een kogel omlaag laten rollen of een karretje omlaag laten rijden, dat kun je met de hand meten.

S: Met de hand klokken?

M: Ja.

T: Een komma vijf seconden zaten ze geloof ik op ...

M: Een komma vijf, daar kun je toch aardig aan meten, daar zit een fout van twee tiende in.

S: Maar het gaat er even om, accepteer je het dat ze fout lopen of heb je in je achterhoofd iets?

M: Zoals gezegd, meetnauwkeurigheid komt de volgende keer wel aan de orde, met één opmerking van dat er toch wel veel speling in zit, in die meetwaarden. Toch wou ik het wel laten dan. De keer daarop is van, nou je weet hoe je een vraag moet opzetten. Nou gaan we eens kijken, hoe je wat beter kunt meten, want wij zijn in staat tot twee procent nauwkeurig te meten met spullen op school. Nou, en zij soms maar tot op vijftig procent of zo. Nou dat wil ik tot minder dan vijf hebben.

T: Jij zegt dus eigenlijk van: de eerste keer interesseert me eigenlijk niet zoveel wat ze meten. Het gaat er alleen maar om dat wat ze gemeten hebben ook wel valide is

S: Nou, probeer ik voor mezelf wat problemen aan te geven die leerlingen al gegeven was, van nou, maar dat gaat toch niet. Dan daarna met de bespreking daarop terugkomen.

T: Dat je dus zeg maar de onderzoeksvraag koppelt ...

S: Dus de eerste keer gaan de leerlingen ... krijg ik het, ik geef een opmerking. Dan hebben ze op een gegeven moment een onderzoeksvraag waarvan ik dus denk van hé, dat moet lukken. Of een aantal problemen, misschien allerlei soorten vragen. Dus ik wil toch weer dat hele proces pakken. Wat ik bespreek met leerlingen dat is de vraag, over veronderstellingen praten, hé leuk, allemaal verschillende veronderstellingen, wie ziet welk meetinstrument ze gebruiken, welke problemen zien we. Die misschien even noteren, dus op die sheet kan je dat eronder zetten, ander kleurtje. Leerlingen gaan aan de slag, daarna zijn ze klaar, verslag is geweest ...

T: Kwam het uit? Kwam het uit waar wij problemen zagen?

Uit dit uitgebreide citaat blijkt een aantal zaken. Op de eerste plaats wordt naar aanleiding van een concreet voorbeeld van gedachten gewisseld over de mate waarin de leerlingen bij het begeleiden moeten worden gestuurd. Marco vindt het geen probleem om leerlingen te laten vastlopen. Hij vindt dat voor hen een goede leerervaring. Sander zou meer willen sturen, ook gezien de tijd die beschikbaar is. Op de tweede plaats vindt in de dialoog de eerste gedachtenvorming plaats over het instellen van besprekklessen met als inhoud de door de leerlingen bedachte onderzoeksvragen en de gevonden resultaten. Deze lessen zijn later ook in de eerste ronde ingevoerd. Op de derde plaats wil Marco in de eerste ronde nog geen nadruk op meetnauwkeurigheid. Uit eerdere gesprekken blijkt dat het zwaartepunt met name voor Marco in de eerste ronde ligt op de onderzoeksvraag en de veronderstelling. Teneinde de leerlingen feedback te kunnen geven op hun handelen en ze aan te zetten tot reflectie suggereert de coach-onderzoeker om de verslagen te gebruiken als hulpmiddel om leerlingen te laten nadenken over hoe ze hebben gewerkt:

(rpg5) [M = Marco; T = coach-onderzoeker]

T: Nou, jij leest de verslagen. Die bekijk jij op een aantal punten bijvoorbeeld, laten we zeggen dat je met name op die betrouwbaarheid van de metingen bekijkt, en op validiteit, van is de vraag beantwoord. Die twee punten. En nou, er zijn verslagen goed. Er zijn ook verslagen die zijn minder goed en je kunt dan die aspecten, van die verslagen er even uitlechten, bijvoorbeeld in de les. (...)

M: Maar ik wil het wel hebben, het verslag. Wat ik bij de presentatie nog het liefst terug zou willen zien komen is hoe zij tot eerlijk meten gekomen zijn de eerste keer.

Dit idee wordt niet uitgevoerd omdat van bestaande verslagen gemakkelijk wordt herkend wie de makers zijn, en het teveel tijd kost om zelf een adequaat voorbeeldverslag te verzinnen.

In het verlengde van de begeleiding ligt de wijze van beoordeling. Het gaat hierbij om de effecten van het onderwijs bij de leerlingen in het licht van gestelde leerdoelen. Over het algemeen staat de beoordeling van leerprestaties van leerlingen (bijna) altijd in dienst van het produceren van cijfers voor rapporten, en dient de beoordeling zelden om het leerproces van leerlingen in beeld te brengen teneinde het onderwijs te kunnen verbeteren (summatief versus formatief). De beoordeling van de prestaties van leerlingen bij het PEO geschiedt voornamelijk aan de hand van de perceptie van de docent over hoe een groep in de klas aan het onderzoek heeft gewerkt, en aan de hand van de beoordeling van de verslagen met de al eerder besproken 'natte-vinger-methode'. Besloten wordt om voor ronde 1 deze methode te blijven gebruiken. Het cijfer krijgt de zwaarte van een proefwerk. Door de coach-onderzoeker wordt diverse malen gesuggereerd om in de beoordeling ook het valide en betrouwbaar zijn van het onderzoek te betrekken: 'Je kunt leerlingen in een toets die betrouwbaarheid en validiteit ook navragen. Bijvoorbeeld door een vraag te stellen over een experiment of een onderzoekje, en dan laat ze maar eens een paar vragen beantwoorden'. (rpg5). Dit wordt door de docenten wel beaamd maar (nog) niet in een concreet beoordelingsmodel omgezet.

5.5 DE NIEUWE OPZET VAN HET LEERLINGONDERZOEK

Het hierboven beschreven proces van gedachtenuitwisseling, kennisoverdracht en meningsvorming heeft uiteindelijk geleid tot de volgende vernieuwde opzet van leren onderzoeken op school. Er wordt gekozen voor een totale cyclus van 5 rondes leerlingonderzoek: twee in leerjaar 2 en drie in leerjaar 3. Hierbij is gekeken naar het tijdsbeslag van één onderzoeksronde (met voor- en nabespreking), de beschikbare tijd (anderhalf jaar) en het geschatte minimum aantal rondes voor de te bereiken doelen. Het aantal van 5 rondes lijkt binnen het programma goed haalbaar. De omvang wijkt dus wel veel af van de aanvankelijke opzet, maar dat is gezien de benodigde tijd voor de voor- en nabespreking wel gunstig. Op basis van gemaakte afspraken is er in de laatste ronde geen plaats voor een ontwerponderzoek. Een ander punt vormt de organisatie per ronde. Deze is alleen voor de eerste ronde zo nauwkeurig mogelijk ingevuld. De organisatie van de vervolgronden hangt af van de ervaringen in de voorafgaande ronde en voorstellen ter verbetering worden in gemeenschappelijk overleg genomen tijdens de na elke ronde geplande evaluatiegesprekken. Omdat in de voorbereidende gesprekken voor de opbouw van kennis en vaardigheden door de docenten is gekozen voor het holistische model wijkt de uiteindelijke organisatie niet buitengewoon veel af van wat ze aanvankelijk deden.

Als omvang van de onderzoeksgroepjes wordt gekozen voor minimaal 2 en maximaal 4 personen, zoals dat al gebruikelijk was. Deze aantallen blijken werkbaar, en maken de groepsindeling flexibel en dus snel te realiseren. Voor de eerste ronde wordt besloten de leerlingen

een werkblad³⁰ te laten invullen, waarin wordt gevraagd naar de onderzoeksvraag (+ hypothese), en een plan van aanpak (met daarin de gebruikte opstelling, de aanpak, benodigde spullen, en verwachte problemen). Zie hiervoor bijlage 5.3. Het ingevulde werkblad zal met de leerlingen tijdens de natuurkundelessen voorafgaand aan de uitvoeringsles worden besproken, en krijgt bij goedkeuring een paraaf van de docent. Het belangrijkste aandachtspunt voor de docent bij het beoordelen van het onderzoeksvoorstel is de haalbaarheid ervan, en dit wordt met de leerlingen doorgenomen.

Voorafgaand aan de uitvoeringsles wordt een les gepland voor het gezamenlijk in de klas bespreken van de onderzoeksvragen van elke groep (de zogenaamde voorbesprekles). Dit is nieuw ten opzichte van de bestaande praktijk en heeft voor de leerlingen als doel dat ze een 'goede' onderzoeksvraag leren stellen. Dat betekent dat de vraag haalbaar moet zijn (in tijd en niveau) en dat leerlingen zich bij het opstellen van de vraag al zouden moeten gaan realiseren welke problemen ze tegen kunnen gaan komen. De afgesproken procedure is als volgt: de onderzoeksvragen worden één voor één met de bijbehorende hypothese op sheet aan de klas gepresenteerd en vervolgens met hen besproken aan de hand van de volgende twee vragen: 1) Is de vraagstelling en hypothese duidelijk, en: 2) Waarop moet worden gelet bij de uitvoering en welke problemen kunnen worden verwacht? De opmerkingen van de leerlingen worden door de docent summier op de betreffende sheet genoteerd.

De uitvoeringsles omvat in de eerste ronde één lesuur en vindt op school plaats, omdat de docenten willen zien hoe de leerlingen met de apparatuur omgaan. Elke groep krijgt een vaste plaats toegewezen. Op deze vaste plek is het benodigde, op school aanwezige, materiaal al door de TOA klaargezet. 'Exotische' materialen (zoals bijvoorbeeld shampoo) moeten door de leerlingen van thuis worden meegenomen. Op deze plek ligt ook het werkblad, zodat elke groep direct aan de slag kan. De docent loopt samen met de TOA rond om de leerlingen te begeleiden. De TOA beperkt zich daarbij tot het oplossen van apparatuurproblemen. De leerlingen moeten een verslag maken en dit verslag voor een bepaalde datum inleveren. Het verslag wordt nagekeken met de 'natte-vinger-methode' en het punt telt even zwaar mee als een proefwerk. Na afloop van de eerste ronde is een les gepland voor het gezamenlijk bespreken van de onderzoeksresultaten (de zogenaamde nabesprekles). Hiervoor worden de sheets gebruikt die in een eerder stadium zijn gemaakt voor de besprekles van de onderzoeksvragen, met daarop de opmerkingen uit deze les.

Over het ontwikkelen van additief lesmateriaal bij het leerlingonderzoek ter voorbereiding op het onderzoek (bijvoorbeeld minilesjes over het opstellen van een goede onderzoeksvraag, opdrachten over het correct verwerken van onderzoeksgegevens, of een fictief verslag dat voldoende discussiestof biedt voor het valide en betrouwbaar zijn van het onderzoek) wordt geen afspraak gemaakt. Voorlopig wordt gewerkt met de theorie in het leerboek.

³⁰Het ontwikkelen van dit werkblad werd aanvankelijk toegezegd door Sander, maar het werkblad was niet klaar voor de eerste ronde. Uiteindelijk is het gemaakt door de coach-onderzoeker en bij ronde twee en volgende gebruikt.

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en vult deze, met de hypothese, in op het werkblad.	Werkblad	De docent geeft schriftelijk commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria.
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven en vult de andere onderdelen van het werkblad in.		De docent geeft goedkeuring.
	De leerling geeft commentaar op de onderzoeksvragen van anderen		De docent leidt de bespreking en focust op aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies		De docent geeft begeleiding op o.a. aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek	Verslag	De docent geeft beoordeling op impliciete criteria volgens het 'natte vinger model'.
evaluatie	De leerling geeft commentaar op de onderzoeksresultaten van de anderen.		De docent leidt de bespreking en focust op validiteit en betrouwbaarheid.

Tabel 5.5 - De voorgenomen opzet van ronde 1 op basis van de raamplangesprekken.

5.6 SAMENVATTENDE CONCLUSIES

In deze paragraaf vatten we samen welke veranderingen er bij de docenten zijn opgetreden m.b.t. hun didactiek van leren onderzoeken. We doen dit aan de hand van de eerder genoemde vijf aspecten van een didactiek.

Opvattingen over leren en onderwijzen

De opvattingen over leren en onderwijzen van de beide docenten zijn in de voorbereiding nauwelijks aan de orde geweest. De beide docenten streven ernaar de leerlingen verantwoordelijkheid te geven voor hun eigen leerproces, en hun zelfstandigheid te vergroten, en dat past in de algemeen pedagogische doelen die ze nastreven.

Doelen en inhouden

Om de docenten in staat te stellen hun doelen en inhouden voor leerlingonderzoek te expliciteren zijn we met hen een dialoog aangegaan over practicumdoelen en doelen voor natuurkundeonderwijs, om van daaruit doelen voor leren onderzoeken te formuleren. Dit heeft echter niet veel opgeleverd: de docenten werden door de discussie zelfs gesterkt in hun eerdere opvattingen over het belang van algemeen pedagogische doelen, die passen bij zeer veel onderwijsleeractiviteiten. Over specifieke doelen voor het doen van onderzoek door leerlingen in termen van validiteit en betrouwbaarheid is door hen nooit goed nagedacht. We hebben deze begrippen tijdens de voorbereiding meerdere malen ter sprake gebracht als centrale aspecten van de samen te ontwikkelen didactiek van leren onderzoeken. De docenten geven aan deze aspecten ook erg belangrijk te vinden, maar trekken daar niet de gewenste consequenties uit m.b.t. de opbouw van leren onderzoeken.

De beginsituatie van de leerlingen

Wat betreft de beginsituatie van de leerlingen geven de docenten aan dat apparatuurvaardigheden en een basale kennis van de natuurkunde een voorwaarde is om goed onderzoek te kunnen doen. Over wat leerlingen specifiek weten t.a.v. onderzoekskennis als ze in klas 2 starten met het vak natuurkunde is bij de docenten niets bekend.

Vormgeving

Zoals hierboven al is aangegeven zeggen de docenten validiteit en betrouwbaarheid belangrijk te vinden, maar ze trekken daar niet de nodige consequenties uit. Wat betreft de vormgeving van het leren onderzoeken hebben de docenten aanvankelijk voor een holistische aanpak gekozen, en daar willen ze op basis van bovengenoemde doelstellingen als zelfstandigheid en eigen verantwoordelijkheid niet van af. Dit uitgangspunt blokkeert ook alle verdere discussies over dit onderwerp. Elk voorstel van de coach-onderzoeker om te komen tot een soort lineaire opbouw van leren onderzoeken wordt door met name Sander afgewezen. Toch is er wel een aantal veranderingen aan te geven in de opzet in vergelijking met de aanvankelijke onderwijspraktijk:

- Het genereren van de onderzoeksvraag wordt beter aangestuurd. Het werkblad is uitgebreider van opzet dan het aanvankelijke PEO-formulier, met ruimte voor commentaar van de docent. Bovendien wordt deze fase in twee stappen opgedeeld: eerst het maken van de vraag, en vervolgens het geven van de resterende informatie over opstelling, benodigde spullen en dergelijke. Ook de rubriek 'verwachte problemen' op het werkblad biedt een uitnodiging tot een vooruitblik op mogelijke knelpunten in het komende onderzoek.
- De voorbespreking, voorafgaand aan de uitvoering van het onderzoek, biedt de docent de gelegenheid om samen met de leerlingen mogelijke problemen op te sporen en te verhelpen. De nabespreking biedt de mogelijkheid om met de leerlingen te reflecteren op het onderzoek op basis van de opmerkingen die in de voorbespreking waren gemaakt.
- Bij de begeleiding van het onderzoek tijdens de uitvoering nemen de beide docenten zich voor om niet alleen calamiteiten op te lossen, maar ook om meer dan voorheen de leerlingen aan te moedigen tot reflectie en samenwerking, en tot het zoeken naar een eigen oplossing.

sing voor hun problemen.

- Beide docenten nemen zich voor om gedurende het gehele onderzoekstraject met name aandacht te schenken aan de concepten validiteit en betrouwbaarheid. Een eerste concretisering daarvan is in de raamplangesprekken al aan de orde geweest.
- De praktische organisatie wordt beter gestroomlijnd. Daartoe worden materialen en werkbladen van te voren op de werkplek klaargelegd, en worden duidelijker afspraken gemaakt met de TOA over voorbereiding van en begeleiding tijdens de uitvoering.

We zien dat in de hierboven genoemde veranderingen t.o.v. de aanvankelijke onderwijspraktijk op het niveau van onderwijsleeractiviteiten en ondersteunend lesmateriaal een aantal stappen in de richting van het werken aan de kwaliteitsverbetering van leren onderzoeken is gezet. Hoe e.e.a. echter in de onderwijspraktijk uitwerkt zal grotendeels van de docenten afhangen.

Wijze van evalueren

Wat betreft de manier van evalueren zijn de docenten nog niet toe aan een andere beoordelingswijze. Daarom wordt voorlopig gekozen voor een beoordeling volgens de natte-vinger-methode.

5.7 REFLECTIE OP DE SCHOLINGSDIDACTIEK

Zoals hierboven al is aangegeven is het ons niet gelukt de kwaliteit van het leerlingonderzoek zo te problematiseren, dat de docenten bereid waren hun didactische aanpak aan te passen. Daarmee zijn de gestelde doelen vooralsnog niet bereikt. De vraag is dan waarom dit in de voorbereiding niet is gelukt. Als we kijken naar de beginsituatie t.a.v. de kennis en vaardigheden van de beide docenten, dan hebben we om pragmatische redenen gekozen voor een school, waar al expertise was in het doen van leerlingonderzoek. Daarmee zouden we o.i. een aantal problemen uit de weg gaan die vaak bij de implementatie van onderwijsvernieuwingen op school optraden. Als nadeel van zo'n keuze is gebleken dat de docenten al een – soms zeer uitgesproken – visie hebben op, en ervaring hebben met een bepaalde manier van werken. Dat betekent in ons geval, dat we een extra stap moeten zetten in het proces van verandering: het 'uit het hoofd praten' van de ene opvatting en het 'overtuigen' van de andere opvatting. Bij de keuze van onervaren docenten was naar alle waarschijnlijkheid alleen de tweede stap noodzakelijk geweest. Gedurende het vaststellen van de aanvankelijke onderwijspraktijk bleek al snel de kracht van de motieven van Sander. Gesteld kan worden dat we enerzijds te maken hebben met docenten, die er krachtige opvattingen op nahouden t.a.v. deze onderwijsleeractiviteit, en dat we anderzijds de bereidwilligheid van de docenten om te veranderen hebben onderschat. De vraag is of we het goed hebben aangepakt, of dat hier een andere aanpak beter op z'n plaats was geweest. Is het een kwestie van meer top-down werken in de trant van: ik weet dat dit beter is dus we doen het zo? Of kunnen we de docenten beter intrinsiek motiveren door met voorbeelden en/of onderzoek docenten ervan te overtuigen dat voor leren

onderzoeken een lineaire aanpak beter is? We hebben ons t.a.v. de scholing de vraag moeten stellen, of het wellicht beter zou zijn te stoppen, omdat de docenten niet willen wat wij willen (hen iets opleggen lijkt niet zinvol), of doorgaan en kijken wat er te bereiken is vanuit hun standpunt. Immers: ons standpunt is hypothetisch en deels gebaseerd op literatuur. De laatste optie lijkt interessant en zeker niet kansloos te zijn.

Wat zijn op basis van bovenstaande reflectie de aandachtspunten voor de scholing tijdens de onderwijsfase, waarin de docenten de ontwikkelde aanpak van leren onderzoeken in de praktijk brengen?

- De docenten hebben uitgesproken opvattingen over de rationale van het leerlingonderzoek. Deze opvattingen zijn sterk bepalend voor de keuzen die de docenten maken. Het is van belang dit te realiseren in het vervolgtraject van de scholing.
- Het problematiseren van het valide en betrouwbaar zijn van leerlingonderzoek is niet voldoende gelukt. Dat betekent dat de docenten nog niet in voldoende mate het belang van deze begrippen voor de kwaliteit van het leerlingonderzoek zien. Ze ervaren nog geen 'ownership' t.a.v. deze problematiek.
- Daarmee samenhangend is de opbouw van kennis en vaardigheden rond het uitvoeren van valide en betrouwbaar onderzoek door leerlingen in de ogen van de coach-onderzoeker niet optimaal doordat de docenten kiezen voor een holistisch model. Dat verandert de doelstelling van de uitvoeringsfase in die zin, dat het problematiseren voortgang zal moeten vinden, en dat een deel van de activiteiten daarop gericht zal moeten zijn.
- De begrippen validiteit en betrouwbaarheid zijn nog niet in voldoende mate geoperationaaliseerd voor het leerlingonderzoek. Hier zal nog verder aan moeten worden gewerkt.

Daan (6 jaar): 'Weet je waarom je met een zaklamp niet naar de sterren kunt schijnen?'

Papa (47 jaar): 'Nee. Waarom niet?'

Daan: 'Omdat het licht te kort is'.

6

DE ONDERWIJSUITVOERING

6.1 INLEIDING

In het vorige hoofdstuk is beschreven wat de onderwijspraktijk was t.a.v. het leerlingonderzoek op het Waterland Gymnasium bij het vak natuurkunde in de onderbouw; welke ontwikkeling de beide docenten hebben doorgemaakt gedurende de voorbereidingsfase, en tot welke opzet van het leerlingonderzoek dit heeft geleid bij de start van de uitvoering. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de docenten de ontwikkelde aanpak in hun onderwijs hebben vormgegeven, hoe ze daarbij zijn gecoacht en welke scholingsactiviteiten er zijn uitgevoerd om de competenties van de docenten ten aanzien van het bevorderen van valide en betrouwbaar leerlingonderzoek verder te ontwikkelen. Daartoe is het hoofdstuk als volgt opgebouwd: in paragraaf 6.2 wordt aangegeven welke onderzoeksvragen worden beantwoord, welke opzet daarvoor is gekozen, welke activiteiten aan de orde zijn en welke data worden gebruikt. In paragraaf 6.3 tot en met 6.7 worden de vijf ronden leerlingonderzoek beschreven. Het hoofdstuk sluit af met conclusies en discussie.

6.2 ONDERZOEKSVRAGEN, OPZET EN ANALYSE

Dit hoofdstuk beschrijft de coaching van het onderwijs aan de hand van de volgende vragen:

- II a Hoe heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering plaatsgevonden?
- b In welke mate heeft het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering aan de beoogde ontwikkeling van de beide docenten bijgedragen?

Gedurende het onderwijstraject zijn tussen de vijf onderzoeksronden door in totaal 18 bijeenkomsten gehouden. Dit aantal was een compromis tussen behoeften en mogelijkheden. Zo'n bijeenkomst duurde gemiddeld ruim één uur en vond meestal op school plaats. De bijeenkomsten waren onderdeel van een cyclisch proces van coaching: elke ronde leerlingonderzoek werd over het algemeen voorbesproken, de uitvoering van het onderwijs werd geobserveerd, en aan de hand van de observaties werd de didactiek geëvalueerd en bijgesteld. Ook was er ruimte voor support, verdieping van kennis en verheldering van opvattingen.

Het programma stond van te voren slechts in grote lijnen vast: er werden door de coach-onderzoeker bepaalde activiteiten gepland als dat op basis van observaties en reflectie nodig werd geacht in het licht van de beoogde doelen. Gedurende de gesprekken bepaalde de coach-onderzoeker de gang van zaken, met veel ruimte voor de eigen inbreng van de docenten. In tabel 6.1. is globaal beschreven wat de inhoud van de bijeenkomsten is geweest. De doelen van elke bijeenkomst worden geformuleerd in de inleiding op elke bijeenkomst.

De activiteiten die hebben plaatsgevonden tijdens de bijeenkomsten kunnen grotendeels worden ondergebracht in de volgende vier categorieën:

- Activiteiten die te maken hebben met het construeren en reconstrueren van kennis, vaardigheden en opvattingen. Hieronder vallen: feedback op het gebruik van kennis over valide en betrouwbaar onderzoek bij het begeleiden van de leerlingen, het gebruik van het logboek als reflectiemiddel, concept mapping, discussies over criteria voor kwaliteit van leerlingonderzoek, het bespreken van verslagen, en gesprekken over onderwijsopvattingen.
- Activiteiten rond de didactische uitwerking van het onderwijs in leerlingonderzoek. Hieronder vallen het ontwikkelen en evalueren van werkvormen en lesmaterialen, zoals de bespreklessen, de gidsles, de presentatieles, het werkblad, en het lesmateriaal.
- Activiteiten rond het ontwikkelen van een manier van beoordelen van het leerlingonderzoek. Hieronder vallen het vaststellen van criteria voor kwaliteit, en het ontwikkelen van een beoordelingsmodel en beoordelingsformulier.
- Gesprekken rond het plannen van lessen, het maken van afspraken, het oplossen van organisatorische problemen, enzovoort. Deze gesprekken, die in elke bijeenkomst min of meer plaatsvonden, hebben geen wezenlijke bijdrage geleverd aan het inhoudelijke leerproces van beide docenten.

Het geven van feedback en het stimuleren van reflectie kunnen worden gezien als coachingsactiviteiten. Het onderzoeksmatig beschrijven van het coachingsproces is voornamelijk gebaseerd op de volgende databronnen:

- De protocollen van de audioregistraties van de 18 bijeenkomsten met de beide docenten. Bij de beschrijving van het coachingsproces zijn deze protocollen samengevat weergegeven, en daar waar voor het coachingsproces karakteristieke uitspraken worden gedaan, die

	DATUM	INHOUD	WERKVORM	LESPRODUCT
uitvoering ronde 1				
B1	15 mrt 96	organisatie	gesprek	
B2	22 mrt 96	bespreking onderzoeksvragen	videofeedback	
B3	05 apr 96	begeleiding bij de uitvoering, nabespreken/ presenteren	feedback via lesprofielen, videofeedback	
B4	19 apr 96	percepties leerlingen, logboek, voorbereiden ronde 2	feedback via leerling-enquête, gesprek	werkblad
uitvoering ronde 2				
B5	27 jun 96	kennis over leerlingonderzoek beoordelingscriteria NVON	concept mapping gesprek	
B6	03 jul 96	leerlingverslagen	gesprek	
B7	08 jul 96	criteria voor validiteit en betrouwbaarheid, knelpunten	gesprek	gidsles, criterialijst, beoordelingsmodel
VAKANTIE				
B8	14 okt 96	beoordelen, ontwikkelen lesmateriaal	gesprek	
B9	15 okt 96	beoordelen	gesprek	beoordelingsformulier
B10	30 okt 96	vorm presentatie, opdracht onderzoeksvragen	gesprek	lesmateriaal
B11	04 nov 96	logboek docenten, vorm presentatie,	gesprek	presentatieles
uitvoering ronde 3				
B12	13 jan 97	evaluatie ronde 3	feedback	
B13	21 jan 97	evaluatie ronde 3, enquête	feedback	
B14	06 feb 97	beoordelen, vorm presentatie	gesprek	beoordelingsformulier
B15	17 feb 97	ontwikkelen lesmateriaal	gesprek	lesmateriaal
B16	17 feb 97	visie op leerlingonderzoek	gesprek	
uitvoering ronde 4				
B17	28 apr 97	evaluatie ronde 4	feedback	
B18	12 mei 97	evaluatie ronde 4, afspraken ronde 5	feedback, gesprek	
uitvoering ronde 5				

Tabel 6.1 - Overzicht van de bijeenkomsten.

van belang zijn als bewijsmateriaal voor latere uitspraken (ook wel te omschrijven als 'critical incidents'), zijn ze letterlijk weergegeven. De selectie van deze tekstfragmenten is tot stand gekomen op basis van het oordeel van de onderzoeker voor zover deze uitspraken relevantie hebben voor de vraagstelling. Hiervoor zijn de volgende coderingen gebruikt: de 18 bijeenkomsten worden aangeduid met 'Bx', waarin x staat voor het rangnummer van de bijeenkomst ($x = 1, \dots, 18$).

- De dagboek aantekeningen van de coach-onderzoeker. Hierin werden alle gebeurtenissen opgetekend met doel, globale inhoud, plaats, datum en tijdstip van de gebeurtenissen. Deze aantekeningen hebben geholpen bij de reconstructie van de scholing, het plaatsen van de gegevens in een context, het inventariseren van de gespreksthema's en het zoeken naar illustratieve passages uit de data. Citaten uit dit dagboek worden aangeduid met de code 'dgb'.
- De transcripties van de interacties van de docenten met de leerlingen in de PEO-lessen. Daar waar nodig worden karakteristieke citaten gebruikt om de beschrijving te onderbouwen. Deze worden aangeduid met 'PEOx:S' en 'PEOx:M'. Hierin staat x voor het volgnummer van de onderzoeksronde ($x = 1, \dots, 5$), staat S voor Sander en M voor Marco.
- Samenvattende beschrijvingen van de video-opnamen van de bespreklessen en presentatielessen.

Daarnaast zijn gegevens gebruikt uit de leerlingenquête, die gedurende de ronden 1, 3 en 5 is afgenomen (bijlage 6.3). Er is gekozen voor een chronologische beschrijving van het coachingsproces om een virtuele herhaalbaarheid van het coachingsproces door de lezer mogelijk te maken, en om het leerproces van de docenten en de coach-onderzoeker expliciet te maken in relatie tot de uiteindelijke opbrengst. De reconstructie van het coachingsproces heeft plaatsgevonden aan de hand van het dagboek, de protocollen van de bijeenkomsten, en de data van de uitvoeringslessen van de docenten. Bij de beschrijving zal, gezien het ontwikkelkarakter van de scholing, zoveel mogelijk de beargumentering van de coach-onderzoeker voor de keuze van de gebruikte activiteiten worden gegeven, en zal worden gereflecteerd op het uiteindelijke resultaat en de werkwijze.

6.3 DE EERSTE RONDE LEERLINGONDERZOEK

Doel van de eerste ronde is het uitvoeren van de in paragraaf 5.5 beschreven nieuwe opzet van het leerlingonderzoek, en het evalueren ervan met als centraal thema: hoe gaan de docenten in hun onderwijs om met de concepten validiteit en betrouwbaarheid. In deze paragraaf wordt deze uitvoering beschreven, worden de evaluatiebijeenkomsten B1 t/m B4 inhoudelijk beschreven, wordt weergegeven tot welke aangepaste opzet van leren onderzoeken is besloten in de tweede ronde, en vindt inhoudelijke reflectie plaats.

6.3.1 Uitvoering eerste ronde

De docenten introduceren het leerlingonderzoek (PEO) bij hun tweede klassen in december '95. Ze doen dat door te vertellen wat het PEO inhoudt, en wat er van de leerlingen wordt verwacht, te weten een haalbare onderzoeksvraag met veronderstelling, een werkplan, de uitvoering en een verslag. De leerlingen mogen desgewenst ook kiezen uit één van de keuze-onderwerpen in het boek. De begrippen validiteit en betrouwbaarheid komen niet expliciet aan bod. Wel wijzen de docenten de leerlingen erop dat ze de vraag die ze hebben bedacht, moeten kunnen beantwoorden. De leerlingen krijgen de gelegenheid om tot 9 januari hun vraag plus hypothese in te leveren, inclusief het werkplan³¹, en deze op basis van het commentaar van de docent aan te passen. Dit gebeurt allemaal in de 'gewone' lessen of als huiswerk. Op 11 januari zijn alle vragen en werkplannen binnen.

Op 18 januari vindt met de leerlingen de *bespreking van de onderzoeksvragen* plaats. Voor de definitieve onderzoeksvragen van de klas van Sander en van Marco zie bijlage 6.1. Sander laat na een korte inleiding de leerlingen commentaar geven op de onderzoeksvragen die op sheets staan ($N = 10$), en laat hen problemen aandragen met betrekking tot de uitvoering. De opmerkingen worden in steekwoorden op de sheet erbij geschreven (tabel 6.2). Uit de tabel blijkt dat de leerlingen met zinvolle opmerkingen komen, waarvan een deel betrekking heeft op aspecten van validiteit en betrouwbaarheid. Niet duidelijk is in hoeverre deze opmerkingen door de betreffende groepen worden meegenomen in hun verdere onderzoek. Sander was aanvankelijk van plan om de bespreking van de onderzoeksvragen uit te voeren tijdens het eerste kwartier van een drietal natuurkundelessen, maar hij heeft het uiteindelijk toch in één les gedaan. Hoewel Sander vindt dat hij te lang aan het woord is, gaat hij nauwelijks inhoudelijk op de reacties van de leerlingen in. De coach-onderzoeker geeft aan het een goede les gevonden te hebben. In het dagboek staat hierover: 'Eigenlijk gaat dat heel goed. De klas let goed op, reageert veelvuldig en blijft goed meedoen.' (dgb).

Marco start de bespreking met een inleiding, waarin hij met name het belang van een hypothese bij de onderzoeksvraag aangeeft. Het verhaal is erg theoretisch en voor de leerlingen moeilijk te volgen. Vervolgens worden de onderzoeksvragen van de leerlingen aan de orde gesteld. Marco heeft van elke onderzoeksgroep ($N = 12$) de vraag plus hypothese op sheet gezet en die voorzien van opmerkingen over de te verwachte problemen (tabel 6.3). Deze opmerkingen licht hij één voor één toe, waarna de leerlingen kunnen reageren. In het dagboek van de coach-onderzoeker staat hierover het volgende: 'Het nadeel van zijn opmerkingen op de sheets is dat er erg weinig respons van de leerlingen komt. Hij heeft hen de wind uit de zeilen genomen.' (dgb).

³¹Er was afgesproken dat Sander het PEO-formulier om zou werken naar een werkblad, waarop de leerlingen de onderzoeksvraag plus hypothese konden invullen, en een aantal gegevens over het werkplan, zoals benodigd materiaal, opstelling, en te verwachten problemen. Dit was echter niet gebeurd en gezien de tijdnoed werd er in de eerste ronde gewerkt met het oude PEO-formulier (zie bijlage 5.1) en een apart werkplan.

<i>groepsnr + voorlopige vraag</i>	<i>commentaar op de vraag</i>	<i>commentaar op de uitwerking</i>
1S01 Welke hoeveelheden van bepaalde stoffen lossen op in water van verschillende temperaturen?	onduidelijk bepaalde stoffen?	tijd? hoeveelheid stoffen? hoe zie je dat iets opgelost is? onderzoek beperken oplossen ↔ roeren
1S02 Welke materialen zijn goede geleiders voor stroom en welke niet?	prima vraag antwoord bekend 'goede geleider'?	gevaar hoe meten? eerlijk vergelijken
1S03 Hoeveel volume moet een glas hebben om een waxinelichtje er 30 seconden onder te laten branden?	goede vraag anders formuleren	eerlijk vergelijken thuis uitproberen berekening volume
1S04 Wat gebeurt er met de kooktijd van 100 ml water als je er steeds een bepaald aantal gram zout bij doet en het laat oplossen?	'bepaald' aantal? kooktijd?	tijdstip van zout toevoegen eerlijk vergelijken veiligheid roeren
1S05 Verandert de geluidssterkte als je verschillende materialen voor een luidspreker houdt?	verschillende materialen?? metingen met wat? isolatie??	eerlijk vergelijken welk signaal? ruis uit klas
1S06 Wat gebeurt er met de schaduw van een kubus als je de kubus dichtbij of verder weg van de lamp houdt?	2 metingen genoeg prima vraag	ruimte hoe meten? moeilijk 'ruis'
1S07 Wat gebeurt er als je een fles met koud water op een fles met warm water (met inkt) plaatst?	onduidelijk leuk	hoe kun je het zien? lukt het? probeer warm/koud temperatuurverschil groot kiezen gevaarlijk
1S08 Welke kleur absorbeert het beste warmte?	leuk kort en krachtig 'welke'? welke materialen?	hoe meten? warmtebron?
1S09 Wat is het verband tussen de kracht waarmee je aan het elastiek trekt en de afstand die hij afschiet?	'die hij afschiet'? wat schiet weg? 'verband'?	afstand meten kracht meten eerlijk vergelijken soort elastiek
1S10 Is er verband tussen het gewicht en de tijd van een wagentje dat van een plank afrijdt?	'wat voor een verband' 'tijd' deze vraag twee metingen eerlijk vergelijken	loslaten wagen? hoe meet je de tijd start en stop? ruimte

Tabel 6 2 - De opmerkingen van leerlingen over de voorlopige vraagstelling en over problemen bij de uitwerking in de voorbesprekles van Sander

<i>groepsnr. + voorlopige vraag</i>	<i>commentaar</i>
1M01: [hadden nog geen vraag]	
1M02: Van welke vloeistof wordt het meest (in liters) door een spons opgenomen? (stroop, vla, water, shampoo)	Veronderstelling: toevoegen want...
1M03: Wat gebeurt er als je suiker op ijs strooit en als je zout op ijs strooit en hoe lang duurt het voor 5 cm ³ ijs gesmolten is met 10, 20, 30 g zout in het klaslokaal en wanneer bevriest ijs met suiker en wanneer zout?	Eigenlijk 3 vragen Maar 1 veronderstelling Eerlijk meten
1M04: Welke bal stuitert het hardst?	Antwoord is waar als je geen andere bal kunt vinden die het beter doet → wat is waarheid?
1M05: Kunnen geluidstrillingen zo sterk zijn dat ze bijv. een kubus kapot kunnen trillen?	Sterkte kubus?
1M06: Wat is het verschil in 'smeltingstijd' van een ijsblokje als je de lamp op 5, 10 en 15 cm van het ijsblokje houdt?	Ijs smelt al vanzelf Hoe meet je eerlijk? Veronderstelling geen antwoord op de vraag
1M07: Wat heeft invloed op de roltijd van een bal/knikker?	Blijft hoogte constant of de lengte van de goot? Maakt bal of knikker ook wat uit?
1M08: Als een ijsberg in de zee smelt stijgt, daalt of blijft de waterspiegel op hetzelfde niveau?	Vanwaar deze veronderstelling? Zout / zoet water?
1M09: Kun je laserlicht reflecteren? Zo ja, waarmee zie je 1 of 2 punten?	Wat bedoel je met 'punten'? Reflectie van laserlicht is eenvoudig na te gaan
1M10: Heeft de temperatuur van het water en de stof in de filter invloed van het doorlopen van water in de filter?	Wat voor opstelling → filter? Wat voor stof?
1M11: Hoe goed geleidt (zout) water en hoeveel zout moet je toevoegen om de sterkte ... te krijgen?	Vraagstelling niet af Sterkte lamp?
1M12: Waardoor wordt de sterkte van een veer bepaald: - de diameter; -de lengte.	Wat is sterkte?

Tabel 6.3 - De opmerkingen van Marco over de voorlopige vraagstelling en over problemen bij de uitwerking in de voorbesprekles van Marco.

Het lukt Marco door zijn manier van werken niet om steeds alle leerlingen bij het lesgebeuren te betrekken. Hij voert regelmatig voor de rest van de klas moeilijk te volgen gesprekjes met individuele leerlingen over de natuurkundige inhoud van hun onderzoek, en dat leidt tot het verslappen van de concentratie.

De uitvoering van het leerlingonderzoek (de PEO-les) vindt voor beide docenten plaats op 30 januari. Deze verloopt in de klas van Sander redelijk goed, mede dankzij zijn eerdere ervaringen. In de pauze heeft hij alle werkplannen (waarop de benodigde materialen staan) op de goede plek neergelegd, waarna de TOA de materialen klaarlegt. Verder start en beëindigt hij de les met enkele centrale instructies. Bij de uitvoering blijken de problemen die sommige leerlingen hebben met betrekking tot de uitvoerbaarheid van hun onderzoek aan het licht te komen. Het dagboek zegt hierover: 'Vaak willen leerlingen iets onderzoeken dat of te moeilijk is, of te eenvoudig, of onzin, etc. Ze lopen dan tijdens de uitvoering tegen allerlei problemen aan.' (dbg). Blijkbaar lukt het de docenten dus niet om bij de bespreking van de onderzoeksvragen alle onderzoeksvoorstellen voldoende te screenen op haalbaarheid. Sander stelt voor de leerlingen die problemen hebben bij het zoeken naar een vraag inzage te geven in een soort ideeënbank. Er wordt inderdaad een map gevuld met onder andere vragen van eerder onderzoek, maar die wordt weinig gebruikt.

De PEO-les van Marco loopt wat minder gestroomlijnd. In het dagboek staat daarover: 'Marco heeft wat aanloopproblemen. Hij doet dit voor de eerste keer in de onderbouw. Hij schuift de problemen richting TOA, maar een deel met betrekking tot de organisatie en zelfdiscipline van de leerlingen zit ook bij hem. (...) De TOA had één en ander niet goed geregeld. Dat ligt aan het feit dat de briefjes [werkplannen] niet waren ingeleverd, zodat materiaal niet op tijd kon worden klaargezet. Bovendien was kort daarvoor nog les.' (dgb) Het gevolg van deze aanloopproblemen is dat sommige groepen later beginnen en daardoor enigszins in tijdnood komen.

Doel van de *nabesprekles* is om samen met de leerlingen op elk onderzoek te reflecteren. Sander voert deze les uit zoals afgesproken. Met de eerder gemaakte opmerkingen uit de voorbesprekles op sheet (zie tabel 6.2) en het antwoord op de onderzoeksvraag probeert hij een discussie tussen klas en onderzoeksgroep op gang te brengen over de goede en minder goede aspecten van hun onderzoek. Het gaat daarbij met name om de manier waarop ze met de eerder gemaakte opmerkingen zijn omgegaan bij het vervolg van hun onderzoek. Sander is in deze les veel aan het woord, en de leerlingen komen slechts sporadisch aan bod. In een aantal gevallen blijken de opmerkingen op de sheet te cryptisch, waardoor de strekking van de opmerking niet meer duidelijk is. Een punt waar Sander steeds op hamert is dat hij de metingen moet kunnen controleren aan de hand van de gegevens in het verslag. Dit, omdat een aantal leerlingen vergeten heeft de meetgegevens bij te voegen. In tegenstelling tot de voorbespreking van de onderzoeksvragen is deze les kwalitatief een stuk minder. Door de veelheid van onderwerpen blijft de reflectie vrij oppervlakkig. Sander laat een aantal kansen liggen om aspecten van validiteit en betrouwbaarheid uit te diepen.

Marco laat de leerlingen hun onderzoek presenteren³². De klas reageert vrij mat op de presentaties. Marco zelf stelt de meeste vragen, de leerlingen gaan onderling nauwelijks in discussie. Er wordt echter wel goed naar elkaar geluisterd en de groepen die door eigen toedoen er niets van hebben gemaakt, krijgen flinke kritiek. Helaas wordt er geen gebruik gemaakt van de sheets uit de voorbesprekles, zodat geen inhoudelijke terugkoppeling naar de voorbereiding mogelijk is. In de bijeenkomsten B1 t/m B4 komen deze lessen aan de hand van de gemaakte video-opnamen nog uitvoerig aan de orde.

Aandachtspunten naar aanleiding van de uitvoering

Naar aanleiding van de eerste ronde uitvoering zijn door de coach-onderzoeker aandachtspunten geformuleerd voor de evaluatie. Deze aandachtspunten hebben enerzijds betrekking op de organisatie en anderzijds op de inhoud:

- Er blijken knelpunten te zijn ten aanzien van de organisatie van het PEO. Deze zijn te wijten aan de situatie op school, maar ook aan de aanpak van de docenten en van de TOA.
- Sommige leerlingen besteden onevenredig veel tijd aan het zoeken van een goede onderzoeksvraag. Ook blijken onderzoeksvragen soms moeilijk te realiseren. Dit is een gevolg van de vrije vraagkeuze door de leerlingen, en de docenten blijken niet altijd in staat de haalbaarheid voldoende goed in te schatten.
- De docenten gebruiken niet de termen 'validiteit' en 'betrouwbaarheid', maar beperken zich tot het begrip 'eerlijk vergelijken', zoals dat ook in het leerboek wordt gebruikt. Over het gebruik van een bepaalde terminologie was in de voorbereiding geen afspraak gemaakt. Een term als 'eerlijk vergelijken' sluit dan wel aan bij wat in het leerboek is behandeld over het doen van een experiment, maar is als begrip te beperkt in het licht van de kwaliteit van onderzoek.
- De docenten gaan bij de voor- en nabesprekles te weinig in op aspecten van validiteit en betrouwbaarheid, die daar aan de orde komen. De vraag is dan wat het nut van de beide besprekles is voor een betere begripsvorming bij leerlingen over de kwaliteit van hun onderzoek.

6.3.2 Nabespreking eerste ronde en voorbespreking tweede ronde

Verantwoording van de inhoud- en werkvormkeuze

De evaluatie met de docenten van de eerste ronde vond plaats gedurende vier gesprekken in maart en april 1996. De keuze van inhoud en werkvormen tijdens de evaluatie is tot stand gekomen op basis van de aandachtspunten bij de voorbereiding en de uitvoering van de eerste ronde. Op basis van deze aandachtspunten is door de coach-onderzoeker besloten in deze eerste evaluatieronde de feedback en reflectie op het gegeven onderwijs centraal te stellen. De

³²Daarmee wijkt Marco af van de afspraak om na te bespreken aan de hand van de sheets van de voorbespreking. Dat Marco zich niet aan de afspraak hield heeft te maken met het feit dat hij niet aanwezig was op het moment dat dat in een van de raamplangesprekken werd afgesproken. Hij had het ook niet in de verslagen gelezen.

eerste activiteit is het geven van videofeedback op de bespreklessen (bijeenkomst 2). De argumentatie daarvoor is dat de docenten zichzelf en elkaar aan het werk kunnen zien, kunnen ervaren hoe ze overkomen, en hoe de leerlingen reageren. Dit is van belang, omdat ze zo op algemeen onderwijstechnische aspecten gewezen kunnen worden en ze van elkaars fouten kunnen leren. Daarnaast nemen deze lessen een belangrijke plaats in waar het gaat om zaken, die te maken hebben met het uitvoeren van betrouwbaar en valide onderzoek door de leerlingen. Een tweede activiteit is het confronteren van de beide docenten met hun manier van begeleiden (inhoudelijk en procesmatig) gedurende het uitvoeringsgedeelte (bijeenkomst 3). De observaties laten namelijk zien dat een (te) groot deel van de tijd gaat zitten in het verhelpen van materiële problemen. Daartoe zijn de audio-opnamen geanalyseerd die van de interacties van de docenten met de leerlingen zijn gemaakt. Een derde activiteit betreft het bespreken van een enquête die bij de leerlingen is afgenomen en waarin wordt gevraagd naar hun beleving van de eerste ronde onderzoek (bijeenkomst 4). Deze enquête confronteert de docenten met de percepties van de leerlingen t.a.v. het doen van onderzoek. Besloten wordt om de serie gesprekken te starten met een soort globale evaluatie van de eerste ronde (bijeenkomst 1), met de nadruk op organisatorische aspecten.

Bijeenkomst 1

Doel van deze bijeenkomst is het globaal evalueren van de eerste ronde, met de nadruk op organisatorische aspecten, en het verhelpen van mogelijke knelpunten. De docenten starten direct een discussie over de beoordeling van het leerlingenwerk. Marco meldt dat hij de verslagen heeft voorzien van kritische opmerkingen, en dat hij een punt heeft gegeven op basis van deze opmerkingen. Verder merkt hij op dat bij één klas het 'eerlijk meten' vaak is fout gegaan, en hij vindt dat hij dan geen cijfer kan geven, omdat de leerlingen niet aan de basisvoorwaarden hebben voldaan. Voor Sander is het feit, dat hij het resultaat van het onderzoek kan controleren aan de hand van de bijgevoegde meetgegevens een belangrijk beoordelingscriterium. Hij vindt als reactie op Marco dat iedereen een cijfer moet krijgen omdat ze allemaal hun best hebben gedaan en ze het nog moeten leren. Over het algemeen zijn daar geen onvoldoendes bij. Tot slot merkt Marco nog op dat zij als docenten er verantwoordelijk voor zijn dat de onderzoeken ook daadwerkelijk uitvoerbaar zijn.

De coach-onderzoeker brengt het functioneren van de TOA in. Samenvattend kan hierover worden gezegd dat met name Sander redelijk tevreden is over het werk van de TOA tijdens de PEO-les. De TOA deed de technische kant, terwijl hij de inhoudelijke kant van de begeleiding voor zijn rekening nam. Marco is wat minder tevreden. Hij ervaart het feit dat er slechts één lokaal beschikbaar is voor het leerlingonderzoek als een knelpunt. Het van te voren klaarzetten van apparatuur bleek onmogelijk zonder pauze vlak voor de PEO-les.

De coach-onderzoeker brengt vervolgens als discussiepunt de tijdsinvestering in. Sander vindt met name het traject met het beoordelen van de onderzoeksvragen erg tijdsintensief. Overigens heeft hij wel het gevoel dat op andere momenten weer wat tijd in te lopen valt. Ook wordt het werkblad door de coach-onderzoeker ter sprake gebracht. Dit zou door Sander worden gemaakt, maar was om onduidelijke redenen niet af. De docenten spreken nogmaals de behoefte uit om te komen tot één vel met daarop de onderzoeksvraag en het werkplan. De

coach-onderzoeker biedt aan dit te ontwikkelen en met de docenten door te praten.

Tot slot wordt door de coach-onderzoeker het functioneren van het logboek ingebracht. Dit logboek werd ontwikkeld om de docenten te helpen reflecteren op hun eigen handelen. Een eerste versie van het logboek is gebruikt in de eerste ronde. In deze eerste versie was een aantal vragen opgenomen over de voorbereiding, uitvoering en evaluatie van het gegeven onderwijs³³, en de bedoeling was dat de docenten dit logboek gedurende de eerste ronde leerlingonderzoek zouden bijhouden. Er werd door de coach-onderzoeker veel verwacht van onderdeel B van het logboek, waarin de docenten zich moesten voorbereiden op het leerlingonderzoek door een voorspelling te geven van het te verwachten verloop van een drietal onderzoeken, inclusief een inventarisatie van de te verwachten problemen. Het idee hierachter was dat op basis van deze voorbereiding de docenten beter in staat zouden zijn een adequaat gesprek te voeren met de leerlingen over de validiteit en betrouwbaarheid van hun onderzoek, omdat ze daar van te voren al over hadden nagedacht. Uiteindelijk is in de eerste ronde dit logboek alleen door Marco ingeleverd, en dan ook nog slechts zeer beperkt ingevuld. Zijn argumentatie is: 'Ik denk dat het te veel in één keer is. We moeten voor ons zelf goed nagaan waar we mee bezig zijn. En op hetzelfde moment wordt gevraagd om er reflectief mee bezig te zijn'. (B1). Door Marco wordt gesuggereerd dat het in een volgende ronde beter zal gaan met het invullen van het logboek, omdat ze dan met dit verschijnsel bekend zijn. Sander snijdt daarbij een ander belangrijk probleem aan: het gebrek aan tijd na de les.

Bijeenkomst 2

Doel van deze bijeenkomst is, om aan de hand van video-feedback de beide docenten hun eigen – en elkaars – onderwijs op stijl en inhoud te laten beoordelen, om van daaruit voorstellen tot verbeteringen te kunnen doen. De les die hiervoor door de coach-onderzoeker wordt gekozen is het bespreken van de onderzoeksvragen met de klas. De bijeenkomst vindt plaats op 23 maart 1996. Het eerste videofragment, dat door de coach-onderzoeker is uitgezocht, betreft een gedeelte uit de les van Marco. In de discussie na afloop van het fragment zijn coach-onderzoeker en docenten het over de volgende zaken eens:

- De inleiding die Marco geeft en waarin hij de bedoeling van de les verduidelijkt is te lang, te theoretisch en te moeilijk. Dat is voor de meeste leerlingen niet te volgen. Er wordt de suggestie gedaan om de grote lijn van zo'n inleiding op bord of sheet te zetten.
- Opvallend is het hoge spreektempo. Marco geeft aan dat dit komt door vermoeidheid, in combinatie met zijn aanleg tot stotteren. Het spreektempo neemt wel wat af naarmate de les vordert.
- Marco weet de klas er niet echt bij te betrekken. Het is meer een monoloog van Marco dan een dialoog met de klas. Of in de woorden van Sander: 'De klas werd niet uitgedaagd.'
- Inhoudelijk gaat Marco vaak te diep in op de natuurkundige aspecten van de diverse

³³De docenten konden in deel A van het logboek wat algemene gegevens kwijt, in deel B per onderzoeksgroep de begeleiding voorbereiden (door vooruit te blikken op het te verwachten verloop van het onderzoek en op de te verwachten problemen met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid), in deel C reflecteren op het verloop van de uitvoeringsles (terugblikken), en in deel D op basis van de presentatie van de onderzoeken reflecteren op het gebruik van de begrippen validiteit en betrouwbaarheid in de leerlingonderzoeken.

onderzoeken, waardoor er een dialoog ontstaat tussen Marco en de betreffende onderzoeksgroep, en de rest van de leerlingen afhaakt. Daardoor komen de algemene en voor iedereen interessante zaken rond het bewaken van de validiteit van het onderzoek niet aan bod.

De bovenstaande opmerkingen werden door de coach-onderzoeker ook al grotendeels gemaakt bij de beschrijving van de uitvoering (paragraaf 6.3.1).

Het tweede door de coach-onderzoeker uitgezochte videofragment betreft een gedeelte uit de les van Sander. In de discussie komen onder andere de volgende zaken naar voren:

- Sander is niet tevreden over de reacties van de klas. Hij vindt dat steeds dezelfde leerlingen reageren. Het lukt hem niet de leerlingen uit te dagen om met elkaar te discussiëren.
- De aantekeningen die Sander op de sheet heeft gemaakt, zijn vaak te cryptisch. Daardoor is het achteraf soms moeilijk na te gaan wat er wordt bedoeld. Ook worden opmerkingen vaak zonder commentaar opgenomen, waardoor het de vraag is of ze altijd relevant zijn.

Marco is vol lof over de structurering van Sanders les. Hij zet Sanders stijl van werken af tegen zijn eigen lesstijl: 'Ja, ik vind het altijd heerlijk om Sander gestructureerd bezig te zien. Je pakt het gewoon anders aan, maar ik vind het wel heel leuk om te merken hoe jij met groepsprocessen bezig bent. (...) Ik heb zelf veel meer van: ik geef je een heleboel en pak er maar uit wat je er uit wilt hebben. Jij hebt zoiets van: ik wil je daar hebben en ik pak je bij de hand en hoppakee, daar gaan we naar toe. (...) Wat dat betreft zijn we ook heel tegengestelde docenten, denk ik. Het leuke vind ik toch wel dat we toch aardig dezelfde kant op komen. (...) We zouden inderdaad veel vaker wat van elkaar moeten zien en wat van elkaar oppikken, denk ik.' (B2).

De bovenstaande opmerkingen hebben grotendeels betrekking op het onderwijsproces. Daarnaast zijn ook zaken aan de orde geweest, die te maken hebben met het werken aan de validiteit en betrouwbaarheid van het leerlingonderzoek. Het gaat hierbij om het volgende:

- Meerdere malen komt in de bijeenkomst naar voren in hoeverre leerlingen ook zelf aantekeningen van de opmerkingen moeten maken. Ze kunnen immers die opmerkingen gebruiken om de kwaliteit van hun eigen onderzoek te verbeteren. De docenten hebben daar bij de leerlingen niet expliciet op aangedrongen. Sander gaat ervan uit dat hij ze terug zal vinden op de werkbladen die de leerlingen moeten inleveren. Voor Marco hoeft het maken van aantekeningen niet zo: 'Ik heb daar vraagtekens bij. Dat is ook waarom ik anders ben dan anderen denk ik. Bij mij gaat het om de vragen die je in je hoofd hebt zitten. (...) Ik ben iemand die heel erg met dingen in het hoofd werkt en veel minder met opschrijven. Zo geef ik ook les denk ik. Ik heb van mijn eigen middelbare school altijd overgehouden van, ik kan niet luisteren en schrijven op hetzelfde moment. Op het moment dat ik ga schrijven hoor ik dingen niet. Ik wil dat ze in mijn hoofd vallen en dat op een gegeven moment die denkwijze boven water komt. Dat is mijn instelling en zo geef ik ook les.' (B2) Wat hier opvalt is de koppeling die Marco zelf legt tussen zijn onderwijsstijl en zijn eigen leerstijl. Hij vraagt zich echter niet af hoe het leren van de leerlingen hierdoor wordt beïnvloed.

- Uit de nabespreking blijkt dat er geen eenduidigheid bestaat over wat de centrale aandachtspunten voor de eerste ronde waren. Marco ging ervan uit dat dit de onderzoeksvraag met de bijbehorende hypothese was, alsmede de validiteit van het onderzoek. De onduidelijkheid over deze kwestie is enerzijds te wijten aan de wat rommelige laatste bijeenkomst van de raamplangesprekken, waarin de gezamenlijk afspraken voor de eerste ronde gemaakt zijn. Anderzijds laat dit voorval zien hoe hardnekkig opvattingen doorwerken in handelen, ondanks afspraken daarover.
- Beide docenten uiten hun ontevredenheid over het verloop van de besprekles. Daarbij worden zaken genoemd als de afnemende aandacht van de leerlingen, de overladenheid en het vermoeiende karakter van de les voor de docent. Sander oppert om de leerlingen te laten reageren op enkele door de docent bedachte onderzoeksvragen, in plaats van op hun eigen onderzoeksvragen. Dat is niet zo bedreigend, waardoor de leerlingen in hun kritiek strengere normen aan zullen leggen. Bovendien kan het aantal vragen beperkt worden gehouden, en is deze activiteit daardoor niet zo vermoeiend. Dit is de eerste stap in de richting van het ontwikkelen van lesmateriaal, waarmee het doen van onderzoek 'droog' kan worden geoefend.
- Zodra er bij een onderzoek sprake is van variabelen controleren wordt door de beide docenten de term 'eerlijk vergelijken' gebruikt. Deze term komt voor in het gebruikte leerboek. Deze term is echter niet te gebruiken voor andere aspecten van validiteit, zoals het formuleren van een ondubbelzinnige vraag, het definiëren en operationaliseren van concepten, en het ontwerpen van een adequate opstelling. Over het gebruik van een specifieke terminologie worden verder geen afspraken gemaakt.

Het lijkt erop dat de gestelde doelen slechts gedeeltelijk zijn gehaald. Wat betreft het leren van elkaars aanpak is Marco wel onder de indruk van Sanders stijl van lesgeven, maar doet daar verder niets mee onder het motto van: zo is mijn stijl nu eenmaal. Sander vindt dat Marco de klas te weinig uitdaagt. Hij is teveel zelf aan het woord en er is te weinig interactie. Wat betreft de inhoud wordt niet zozeer gekeken naar verbeteringen in inhoudelijke aanpak, maar wordt het concept van de besprekles ter discussie gesteld.

Bijeenkomst 3

Doel van deze bijeenkomst is docenten zicht te geven op de manier waarop ze omgaan met kwaliteit van onderzoek bij de begeleiding, en bij het nabespreken van het leerlingonderzoek. De eerste activiteit betreft het bespreken van lesprofielen. Een lesprofiel wordt door Both (1984) omschreven als een samenvattend overzicht, met tijdsindeling, van observaties (bijvoorbeeld van het lesgedrag van een docent). Met zo'n profiel kan inzicht worden verkregen in hoe de begeleiding heeft plaatsgevonden. Om een profiel samen te kunnen stellen werd op basis van protocollen van de op cassetteband opgenomen begeleidingsgesprekken van beide docenten met hun leerlingen een overzicht in tijd gemaakt van alle afzonderlijke gesprekken met de onderzoeksgroepjes. Verder werd elk gesprekselement geoormerkt als *relationeel* (betrekking hebbend op niet-lesgebonden onderwerpen), *procedureel* (betrekking hebbend op procedurele aspecten van het leerlingonderzoek, zoals voortgang en apparatuurvoorziening)

en/of *inhoudelijk* (betrekking hebbend op inhoudelijke aspecten van leerlingonderzoek)³⁴. Een inhoudelijke interactie kon weer betrekking hebben op validiteit en betrouwbaarheid, vakken-nis, of meetvaardigheden. Een typisch voorbeeld van een relationele interactie is ontleend aan de PEO-les van Sander:

(PEO1:S) [S=Sander; L=leerling]

S: Oké...Ja, ze weten het niet, maar ze moeten gewoon een beetje apart zitten, omdat ze zoveel zoai maken altijd. Alles wordt nat als je die lui daar hun gang laat gaan. Volgens mij beginnen ze hier een kroeg. Jullie kunnen zo op de zomerfeesten achter de bar staan... glazen poetsen...zo van uh...

S: Hoe zit het met de resultaten? Jullie zijn nou wel heftig aan het poetsen, maar uh...

L: Ja, en dan moet je weer droog...(?)..

S: Ja. Oké. Allright. Dat is een mooi glas, dat is een lekker biertje trouwens. Duvel...

L: (lachte)

S: Heb je zeker.. is zeker van Sabine? Oh. Allright.

Het volgende fragment uit de PEO-les van Marco betreft een procedurele interactie:

(PEO1:M) [M = Marco; L = leerling]

M: Uh, veren zijn niet om mee te spelen, heren..

L: Jawel.

M: Nee, nee, want dan gaan ze stuk en dan hebben wij straks niks meer. Experimenteren is prima, spelen niet. Hebben jullie alles af?

L: Ja, wij hebben alles af.

M: Dan mag je al beginnen de uitwerking voor het verslag te schrijven.

L: Ja.

Het derde fragment, tot slot, is een voorbeeld van een interactie over validiteit en betrouwbaarheid uit de PEO-les van Marco:

(PEO1:M) [M = Marco; L = leerling]

L: Wij zijn dus aan het uitwerken, maar we hebben dus ontdekt dat er een paar meetfouten inzitten, want ze moeten allemaal hetzelfde zijn. En moeten we dan alleen die we hebben gemeten...

M: Als je die metingen niet vertrouwt doe je ze over.

L: Ja, maar kijk ...

M: Voor de veren was dit, hè? Voor groep vier, hè?

L: Zeven-komma-vijf, die moeten eigenlijk allemaal hetzelfde zijn..

M: O ja, maar dat ...

L: Zeven plus zeven-komma-twee plus zeven-komma-vijf en dan door drie delen..

M: Ja, je pakt het gemiddelde van alles wat je hebt ja.

L: Maar moeten we alleen de echte dingen inleveren dadelijk?

M: Nee, ik wil ook uh...de meetwaarden hebben. Ik wil zien hoe jullie uit meetwaarden de gemiddeldes halen bijvoorbeeld.

L: Dus gewoon dit blaadje, want hier staan alle gemiddeldes en hier tel ik alles op.

De protocollen van beide uitvoeringslessen worden, samen met de lesprofielen uitgedeeld aan de beide docenten. Zie voor de profielen bijlage 6.2. De coach-onderzoeker geeft de volgende

³⁴Bij het oormerken van de interacties werd een gesprek met een onderzoeksgroep als eenheid genomen. Voor zo'n gesprek, dat gemiddeld iets minder dan 1 minuut duurde, werd nagegaan wat het centrale thema was. Over het algemeen bleek het goed mogelijk zo'n gesprek te oormerken.

globale analyse van de beide profielen. Opvallend is dat ze geen echt grote verschillen vertonen. De docenten hebben elk een kleine veertig gesprekken gevoerd met een gemiddelde duur van nog geen minuut. De verdeling over de drie hierboven genoemde categorieën blijkt op sommige punten te verschillen³⁵. Kenmerkend voor beide lessen, en dat is niet verrassend, is de grotere aandacht bij aanvang van de les voor materialen en apparatuur, terwijl tegen het eind van de les meer tijd is gestoken in zaken rond de voortgang van het onderzoek. Wat opvalt is dat weinig inhoudelijke interacties gaan over zaken rond validiteit en betrouwbaarheid. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat bij de uitvoering voornamelijk zaken rond het bouwen van een opstelling en het uitvoeren van metingen aan de orde komen, en dat over het algemeen de leerlingen daar niet zulke grote problemen mee hebben. De docenten zijn daar in ieder geval niet actief naar de leerlingen toe mee bezig. Wat betreft de aard van de reacties van de beide docenten op vragen van leerlingen valt op dat Marco vaker een direct antwoord geeft op een vraag, terwijl Sander de vraag eerder aan de leerlingen terugspeelt. Marco geeft aan langzamerhand dat laatste ook steeds meer te doen, hoewel hij door tijdgebrek vaak niet het geduld kan opbrengen om de leerlingen zelf over iets te laten nadenken. Wat betreft het regelen van materialen en dergelijke vinden de beide docenten dat ze daar zo weinig mogelijk tijd in moeten steken. Ze vinden dat bij uitstek een taak voor de TOA. Op die manier krijgen ze meer tijd voor inhoudelijke aspecten van het leerlingonderzoek.

De tweede activiteit betreft het evalueren van het nabespreken van het onderzoek met de leerlingen. De coach-onderzoeker brengt allereerst het verschil in uitvoering in (het nagesprek van Sander versus de presentatieles van Marco). Marco wijt dat aan het ontbreken van overleg hierover met Sander. Hij had vorig jaar een dergelijke les van Sander gezien, en die had hem erg aangesproken. Marco is over zijn presentatieles tevreden. Vooral in zijn andere klas zaten de leerlingen er meteen bovenop in de trant van: heb je wel gemeten wat je zegt? De coach-onderzoeker geeft aan dat het in deze klas toch nog teveel een dialoog was tussen Marco en de onderzoeksgroep. Wel kwamen enkele aspecten van betrouwbaarheid helder naar boven.

Sander geeft aan niet zo tevreden te zijn over zijn nabespreking. Hij vindt zo'n volle les niet werken, en kan niet inschatten of de leerlingen er iets aan hebben gehad. Het liefst zou hij zichzelf wegcijferen en de leerlingen onderling laten discussiëren over hun onderzoek. Nu liep alles via hem, en dat was mede een gevolg van de opstelling van de banken in het lokaal. Ook mist hij een soort samenvatting, waarin de belangrijke zaken op het eind nog even op een rijtje kunnen worden gezet. De tweede ronde zou dan als opfrisser met zo'n samenvatting kunnen beginnen. De coach-onderzoeker merkt op, dat er bij zo'n bespreking in de klas een sfeer zou moeten zijn, waarin de leerlingen alert zijn op wat er wordt verteld en zowel negatieve als ook positieve kritiek kunnen geven op de kwaliteit van het onderzoek. Dat is z.i. nu te weinig gebeurd.

³⁵Sander scoort voor relationeel, procedureel en inhoudelijk achtereenvolgens: 9 %, 36 % en 55 % (waarvan 17 % validiteit en betrouwbaarheid). Marco scoort achtereenvolgens: 0 %, 57 % en 43 % (waarvan 16 % validiteit en betrouwbaarheid).

Bijeenkomst 4

Doel van deze bijeenkomst is om de docenten te confronteren met de percepties van de leerlingen over de eerste ronde onderzoek, en om te komen tot een aangepaste opzet van de volgende ronde. De percepties van de leerlingen zijn verzameld aan de hand van een enquête, die door de coach-onderzoeker is ontwikkeld. Uit de antwoorden op de vraag die gaat over het zelf bedenken van een onderzoeksvraag blijkt, dat de leerlingen dat problematisch vinden: (B4) [M = Marco; S = Sander; T = coach-onderzoeker]

T: (...) het bedenken van de onderzoeksvraag. (...)

S: Problematisch.

T: Ja, het is problematisch.

M: Nou, ik heb zoiets van: het is leuk om te weten. Maar ik denk zelf van: ze zorgen maar dat ze ideeën hebben, anders dan spreken we elkaar er onderling wel op aan. Zo van ja, jij rijdt altijd voor niks mee of zo. Ik denk dat ze dat vanzelf wel gaan doen.

T: Maar in hoeverre mag je creativiteit eisen van...

M: Ik denk dat het goed is om te weten...

T: Want hieruit blijkt dus bijvoorbeeld dat ze het moeilijk vonden toch, of redelijk moeilijk, zowel bij Sander als bij jou. Bij jou iets minder. Het blijkt ook, en dat hangt natuurlijk ermee samen, dat leerlingen bij jou [Sander] met name veel uit de natuurkundeboeken halen. Dat ze daar inspiratie uit opdoen. Terwijl, bij jou [Marco] vinden ze het toch minder moeilijk maar die bedenken het ook allemaal zelf. Dat hangt met de klas samen natuurlijk.

M: Ja, natuurlijk.

S: Op zich probeer ik altijd te stimuleren dat ze het niet uit het boek doen. Om te proberen zelf iets te verzinnen.

M: Nou, ik noem het boek verder niet. Ik noem het terloops wel eens even. Je wilt iets weten zelf. Nou, ga dan maar eens onderzoeken. Dan moeten ze zich wat afvragen natuurlijk...

T: Ja goed, maar dat vereist een bepaalde creativiteit, hè. Je hebt leerlingen, die vragen zich nooit wat af.

S: Of veel te moeilijk.

T: Ja.

M: Maar het aardige ervan is dat ze aan veronderstellingen toe komen. En daar leren ze volgens mij alles van. Of denken waar je het gaat zoeken.

Uit het citaat blijkt dat de docenten de problematiek wel erkennen maar niet bereid zijn hun opvattingen over de vrije keuze van de onderzoeksvraag bij te stellen.

De bespreking van de onderzoeksvragen vonden de leerlingen zinvol, zo blijkt uit de enquête. Naar aanleiding van het stellen van vragen door de leerlingen merken beide docenten op dat ze niet te veel willen voorzeggan. Ze willen in de woorden van Marco ze 'aanzetten tot denken'. En dat gebeurt alleen maar als de leerlingen zelf dingen moeten oplossen en de docent niet alle oplossingen voorzegt. Wat betreft de nabesprekles/presentatie blijkt de presentatieles van Marco een stuk minder gewaardeerd te worden dan de nabesprekles van Sander. Marco geeft aan zelf ook ontevreden te zijn over deze les (dit is overigens in tegenpraak met een eerdere uitspraak van Marco hierover: zie B3). De coach-onderzoeker denkt dat dit ligt aan het feit dat er, in tegenstelling tot de activiteit van Sander, geen terugkoppeling was naar de eerder gemaakte sheets. Zoals eerder aangegeven is tijdens de raamplangesprekken besloten om het leerlingonderzoek voorlopig te beoordelen volgens de 'natte-vinger-methode'. In de leerlingenquête werd ook naar het eindcijfer gevraagd (bijlage 6.3). Hierover is het grootste deel van de leerlingen tevreden. Het is voor de meeste leerlingen zelfs duide-

lijk waarom ze dit cijfer kregen (!). De docenten zeggen over de beoordeling:

(B4) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

T: Beoordeling. Daar zie ik toch weinig verschillen tussen jullie twee. Wel viel me op dat het niet voor iedereen helemaal duidelijk is hoe jullie een cijfer geven.

M: Nee, precies.

T: Dus die normen voor de beoordeling ...

S: Heel vaag, ja.

T: En die had je dus misschien toch beter moeten duidelijk maken. Moeten expliciteren. Van nou: daar gaat het om.

M: Nee, maar dat klopt. Dat heb ik vorig jaar ook vaker gehoord. Waarom heb ik nou een zeven? Waarom heb ik nou geen acht?

T: (...) Ik denk dat de conclusie moet zijn dat je toch duidelijker moet zeggen van: nou, dit verwacht ik en dit verwacht ik niet en daarop word je beoordeeld.

Voor de docenten is dus blijkbaar het probleem dat ze niet goed in staat zijn hun beoordeling naar de leerlingen toe te verantwoorden. Leerlingen denken al snel dat ze bij voldoende inzet en met een mooi ogend verslag recht hebben op een goed cijfer, terwijl de docenten ook impliciete inhoudelijke criteria hanteren voor het vaststellen van hun cijfer. Tot slot geven de leerlingen in de enquête aan dat ze het redelijk leuk en redelijk zinvol gevonden hebben en dat ze er redelijk veel van hebben geleerd. Besloten wordt een dergelijke enquête bij ronde 3 en ronde 5 ook af te nemen om op de hoogte te blijven van de percepties van de leerlingen. De resultaten hiervan komen terug bij de bespreking van de evaluatiefase in hoofdstuk 7.

De vraag is wat deze scholingsactiviteit heeft opgeleverd. Wat betreft de vrije onderzoeksvraag is er een merkwaardige inconsequentie te constateren. De leerlingen geven aan dit lastig te vinden, terwijl de docenten dit juist doen omdat ze denken dat de leerlingen dit prettig vinden. De 'waarheid' is dat slechts een deel van de leerlingen prijs stelt op zo'n vrije keuze, en dat een ander deel erg gebaat zou zijn bij wat meer concrete hulp. De docenten zijn voorts nog niet bereid hun eensgezinde standpunt los te laten. Een ander punt betreft de beoordeling. De leerlingen geven aan dat het niet altijd duidelijk is hoe een cijfer tot stand komt. Daar zal aan gewerkt moeten worden.

De opzet van ronde 2

Tot slot wordt de opzet voor ronde 2 aan de orde gesteld. Er wordt samen besloten weinig veranderingen aan te brengen met betrekking tot de tweede ronde leerlingonderzoek. Sander neemt zich voor beter te letten op de hypothese bij de onderzoeksvraag. Het voorstel voor het werkblad wordt besproken en de opmerkingen worden verwerkt. Voor het uiteindelijke resultaat zie bijlage 5.3. Met betrekking tot de beoordeling wordt ondanks de hierboven geciteerde discussie over de onduidelijkheid van de criteria besloten om ook in de tweede ronde de 'natte-vinger-methode' te hanteren. Ook het voorbespreken van de onderzoeksvragen in combinatie met het nabespreken zal worden gebruikt in ronde twee. Deze aanpassingen leveren het onderstaande schema voor ronde 2 op (tabel 6.4):

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en vult deze, met de hypothese, in op het werkblad.	Werkblad	De docent geeft schriftelijk commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria.
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven en vult de andere onderdelen van het werkblad in.	Werkblad	De docent geeft goedkeuring
	De leerling geeft commentaar op de onderzoeksvragen van anderen		De docent leidt de bespreking en focust op aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies		De docent geeft begeleiding op o.a. aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek	Verslag	De docent geeft beoordeling op impliciete criteria volgens het 'natte vinger model'.
evaluatie	De leerling geeft commentaar op de onderzoeksresultaten van de anderen.		De docent leidt de bespreking en focust op validiteit en betrouwbaarheid.

Tabel 6.4 - De voorgenomen opzet van ronde 2 op basis van de evaluatie van ronde 1.

6.3.3 Tussenevaluatie

De vraag aan het eind van de eerste ronde leerlingonderzoek is welke inhoudelijke ontwikkelingen hebben plaatsgevonden bij de beide docenten. Naast het beantwoorden van deze vraag zal ook reflectie plaatsvinden op het scholingsproces.

De didactiek van leren onderzoeken

Opvattingen over leren en onderwijs

In deze ronde is daar niet expliciet aan gewerkt. Wel is er impliciet wat meer helderheid over gekomen. Beide docenten streven in hun onderwijs naar een grotere zelfstandigheid van de leerling. Ze willen deze zelfstandigheid bereiken door de leerlingen een grote verantwoordelijkheid te geven t.a.v. hun eigen leerproces. Met name Sander wil de leerlingen aan het

woord laten en stimuleert hun onderlinge communicatie. Dit is heel duidelijk terug te vinden in de wijze waarop de docenten met het leerlingonderzoek bezig zijn.

Doelen en inhouden

De onderwijsdoelen van de beide docenten sluiten direct aan bij hun opvattingen over goed onderwijs, en zijn daardoor algemeen pedagogisch van aard. Hoewel de docenten het ermee eens zijn dat validiteit en betrouwbaarheid van een onderzoek belangrijke aspecten voor goed onderzoek zijn (zie de voorbereidingsfase) brengen ze dit o.i. onvoldoende in de praktijk. Zo introduceren ze het leerlingonderzoek bij de leerlingen zonder expliciet in te gaan op het kwaliteitsaspect. Hoewel het natuurlijk lastig is om vooraf al uit te leggen wat begrippen als validiteit en betrouwbaarheid inhouden voor het doen van onderzoek, is dit wel het hoofdthema van het onderwijs, en had de coach-onderzoeker van te voren met de docenten moeten doorspreken, hoe hiermee zou kunnen worden omgegaan. Nu hebben de docenten zich beperkt tot louter organisatorische zaken. De te ontwikkelen terminologie rond validiteit en betrouwbaarheid zal in volgende ronden, zeker als het gaat om het beoordelen van het leerlingen werk op deze aspecten, beter moeten worden uitgewerkt. Ook bij de begeleiding stellen de docenten zich vrij passief op. Ze hebben een te weinig actief vraaggedrag, d.w.z. dat ze te weinig op leerlingen afstappen en vragen stellen in de trant van: waar ben je mee bezig, hoe ga je het aanpakken, en waarom op die manier? En zeker in situaties waar problemen met validiteit en betrouwbaarheid mogen worden verwacht is dat o.i. gewenst. Dit probleem is in de nabespreking niet voldoende uit de verf gekomen en er is geen adequate begeleidingswijze ontwikkeld.

Beginsituatie van de leerlingen

Dit onderwerp kwam gedurende deze ronde niet expliciet aan de orde. De docenten hebben in hun begeleiding wel aangesloten bij wat de leerlingen in hun leerboek hebben gehad over 'proeven doen en uitwerken' (hoofdstuk 2) met onderwerpen als vragen stellen, eigenschappen vergelijken, (een diagram maken, meetonnauwkeurigheid, eerlijk vergelijken), en verbanden.

Vormgeving

Nieuw t.o.v. de beginsituatie van leren onderzoeken (zie H5) is de grotere aandacht voor het ontwikkelen van de onderzoeksvraag (met als hulpmiddel het werkblad), en de instelling van een voor- en nabesprekles. Uit een vergelijking van voorlopige en definitieve onderzoeksvragen blijkt dat de leerlingen hun vragen in sommige gevallen nog behoorlijk hebben omgegooid. De 'onmogelijke' vragen zijn al in een eerder stadium afgekeurd. Toch blijven de docenten hier met een probleem zitten. Op de eerste plaats blijkt een aantal leerlingen ondanks hun enthousiasme het lastig te vinden om een 'goede' vraag te bedenken. Een goede vraag is in onze ogen een duidelijke vraag op het natuurkundige niveau van een tweede klas (dus uitvoerbaar) en met in dit stadium nog niet te moeilijke aspecten van validiteit en betrouwbaarheid. Als ze met zulke vragen komen is dat een toevalstreffer. Wanneer leerlingen

met veel moeite een vraag hebben bedacht³⁶ en hij wordt niet goedgekeurd, raken ze gefrustreerd, en dat demotiveert. Dit probleem zal zeker in de volgende rondes weer terugkomen en moet dan weer aan de orde worden gesteld. Dat geldt ook voor de betekenis van de hypothese. Een hypothese kan een belangrijke plaats innemen in een onderzoek, omdat het formuleren ervan dwingt tot nadenken over de vraag, de concepten en de opstelling, en omdat hiervoor vaak literatuur moet worden gelezen. Aandacht daarvoor is – en dat zijn we met Marco eens – zeker gewenst. De voorbespreking is uitgevoerd zoals afgesproken. De les van Sander is o.i. goed verlopen. Zijn open benadering tijdens de voorbesprekking geeft leerlingen de gelegenheid om kritische opmerkingen te plaatsen. Het blijkt dat een aantal leerlingen toch al goed in de gaten heeft waar het bij onderzoek om gaat. De benadering van Sander lijkt meer op te leveren dan die van Marco, omdat Marco voor de leerlingen het denkwerk al gedaan had. Een suggestie is om de leerlingen de gelegenheid te geven van te voren de vragen door te kijken en er samen over te praten. Er zijn voor deze activiteit dan wel twee lessen nodig. De vraag is of dat haalbaar is. Tot slot blijken de docenten een verschillende opvatting te hebben gehad over de wijze van nabespreken. De keuze van Marco voor een presentatie is niet in overeenstemming met de afspraken (waarbij als excuus geldt dat die zijn vastgelegd toen hij er niet bij was), maar is geen slechte keuze. Jammer is wel dat daarvoor geen duidelijke opzet was gemaakt. Wellicht is in dit stadium van het leerlingonderzoek een presentatie, mits goed vormgegeven en beperkt tot enkele onderzoeksgroepen, door de diepgang een stuk effectiever dan een nabespreking.

Het ontwikkelen van lesmateriaal over onderzoekskennis ter ondersteuning van het onderzoek van de leerlingen is niet expliciet aan de orde geweest. Wel werd door Sander de suggestie gedaan om zelfbedachte onderzoeksvragen te gebruiken om de leerlingen te oefenen in het kritisch leren kijken naar hun eigen vraag. Dit initiatief zal de komende rondes verder moeten worden uitgebouwd.

Wijze van evalueren

Met betrekking tot de beoordeling is er niets veranderd: de beoordeling van de verslagen gebeurt voorlopig nog volgens impliciete criteria (het 'natte-vinger-model').

Kort samengevat: wat betreft de ontwikkeling bij de docenten van kennis en vaardigheden in de didactiek van leren onderzoeken zijn wat kleine stappen vooruit gezet. Het formuleren van de onderzoeksvraag is enigszins geproblematiseerd, maar heeft vooralsnog geen aanleiding gegeven tot een andere opzet van het onderwijs. Ook de beoordeling is geproblematiseerd, en dat zal te zijner tijd waarschijnlijk wel aanleiding geven tot een andere benadering.

Een flinke stap voorwaarts is gemaakt in de didactische aanpak door het instellen van de besprekklessen. Het is een eerste stap in de richting van het leerlingen laten reflecteren op aspecten van kwaliteit van onderzoek doen. Wat betreft de begeleiding tijdens de PEO-les is deze niet goed geëvalueerd: er zijn geen duidelijke richtlijnen voor geformuleerd. De totale

³⁶Uit de leerlingenquête en uit informele contacten met leerlingen blijkt dat ze vaak hun hele omgeving inschakelen bij het bedenken van een vraag. Niet zelden worden vrienden en kennissen uit de exacte hoek geconsulteerd.

opbrengst van deze eerste ronde is mager te noemen. Het is niet geheel helder gebleken waar het nu om gaat.

Reflectie op de scholingsdidactiek

We beperken ons in dit deel van de evaluatie tot de didactische uitwerking van de scholing. Zaken als: opvattingen van coach-onderzoeker over 'goed' onderwijs, aandacht voor de beginsituatie van de docenten, en wijze van evalueren komen in de hoofdstukken 7 en 8 nog aan de orde.

De didactische uitwerking van de scholing betreft het coachingsproces: het observeren van de gegeven lessen, het nabespreken (eventueel aangevuld met andere scholingsactiviteiten), en de voorbereiding van de volgende ronde. Van de lessen kon helaas niet het hele traject van begeleiding worden gevolgd. Zo is niet duidelijk geworden wat de docenten hebben gezegd gedurende het beoordelen van de ingeleverde onderzoeksvragen. Tijdens de voorbespreking, PEO-les en nabespreking konden video- en geluidsopnamen worden gemaakt, en observeerde de coach-onderzoeker het werk van de diverse onderzoeksgroepen. Door tijdgebrek was slechts beperkt feedback mogelijk direct na de lessen.

In bijeenkomst 1 is gekozen voor een globale evaluatie van de eerste ronde. Zeker de eerste keer is dit een goede activiteit, omdat de docenten in de gelegenheid moeten worden gesteld eerst zelf die zaken naar voren te brengen, die zij problematisch hebben vonden. Dat gold de beoordeling van de verslagen, de organisatie van de uitvoering, en het logboek. Wat betreft de beoordeling van de verslagen: dit is een onderwerp dat direct te maken heeft met de kwaliteit van het onderzoek, en zal gedurende de volgende ronden een terugkerend item blijven. Wat betreft de organisatie zijn knelpunten zoveel mogelijk opgelost. Het logboek is een probleem: het blijkt in z'n huidige vorm niet te werken. Er zal een poging worden gedaan tot vereenvoudiging, en alsnog in de volgende ronde worden uitgeprobeerd.

In bijeenkomst 2 en 3 zijn de video- en geluidsopnamen gebruikt om de gegeven lessen te evalueren op proces en inhoud. Daarbij is ervoor gekozen om feedback te geven aan de hand van het bespreken van videofragmenten en het analyseren van lesprofielen. Dat ook de wijze van lesgeven van de docent is meegenomen had als reden dat er vaak een sterke koppeling bestaat tussen proces en inhoud. De vraag is of dat achteraf wel zo'n goede keuze is geweest, en we ons niet beter hadden kunnen beperken tot alleen feedback op de inhoud. Dan was waarschijnlijk de diepgang groter geweest. Nu werd wellicht te sterk gefocust op de stijl van lesgeven. De uitkomst van de inhoudelijke evaluatie levert in ieder geval op, dat de concepten validiteit en betrouwbaarheid veel beter moeten worden uitgediept en worden geoperationaliseerd om daar in de les naar de leerlingen toe wat mee te kunnen.

In bijeenkomst 4 werden de percepties van de leerlingen als extra bewijsmateriaal gebruikt om docenten te wijzen op de zwakke plekken in hun onderwijs. Tot slot werd de uitkomst van de evaluatie gebruikt om een nieuwe opzet te maken. Deze nieuwe opzet is praktisch gelijk aan die van ronde 1, zodat in de bijeenkomsten 5 t/m 7 aandacht kan worden geschonken aan de verdieping en concretisering van de concepten validiteit en betrouwbaarheid, en van de didactiek ervan.

Over het algemeen kan worden opgemerkt dat de keuze van de activiteiten goed is ge-

weest. Over de invulling ervan zijn we niet zo tevreden. Dat heeft te maken met de overdaad aan activiteiten (bijvoorbeeld in B2 en B3), waardoor bepaalde zaken wat aan de oppervlakte zijn gebleven. Verder is de stijl wat te lief, te weinig confronterend geweest.

6.4 DE TWEEDE RONDE LEERLINGONDERZOEK

In deze paragraaf wordt de tweede ronde leerlingonderzoek uitgewerkt. De uitvoering van de tweede ronde wordt slechts globaal beschreven omdat onderzoekstechnisch is besloten de onderwijspraktijk van de tweede en vierde ronde niet zo uitgebreid te observeren. De bijeenkomsten B5 t/m B7 kunnen gezien worden als een voortzetting van B1 t/m B4, met daarin speciale aandacht voor de kwaliteit van het leerlingonderzoek. De voorbereiding van ronde 3 wordt hier niet beschreven. Deze vond na de vakantie plaats en wordt in de volgende paragraaf meegenomen.

6.4.1 Uitvoering tweede ronde

De tweede ronde wordt grofweg op dezelfde manier uitgevoerd als de eerste ronde. De eerste voorstellen voor onderzoeksvragen zijn een paar keer tussen docent en leerlingen op en neer geweest, en dit heeft geresulteerd in definitieve vragen. Deze zijn te vinden in bijlage 6.1. Sander geeft op basis van zijn ervaringen met de onderhandelingen over de vraagstelling opnieuw aan dat veel leerlingen het formuleren van een goede vraag lastig vinden. Dat geldt met name voor de hypothese.

De *voorbespreeklessen* zijn identiek aan die van de eerste ronde. Sander geeft van te voren in een inleiding het doel van de les aan: samen nadenken over de onderzoeksvraag, zodat ze beter worden. Hij vraagt expliciet aan de klas wanneer een onderzoeksvraag 'goed' is. Leerlingen geven antwoorden als: hij moet duidelijk zijn, hij moet uitvoerbaar zijn, hij moet veilig onderzoek opleveren, en moet niet te moeilijk zijn. Sander suggereert de klas ook om aantekeningen te maken. Na afloop van de les wordt deze door Sander met de klas geëvalueerd. De leerlingen geven aan het nuttig en zinvol gevonden te hebben. Eén leerling suggereert de bespreking te spreiden over twee lessen. Een ander wil wat meer boeken om daar ideeën uit te kunnen putten. Over de besprekles van Marco zijn geen gegevens verzameld.

Wat betreft de *PEO-les* loopt het nu qua organisatie bij beide docenten goed. Opvallend is dat bij Marco relatief veel scheikunde-onderwerpen zijn gekozen (2M06; 2M07; 2M10 in bijlage 6.1). Wat verder opvalt is dat er bij de metingen over het algemeen weinig aandacht is voor typische meetaspecten als het herhalen van metingen, en de meetnauwkeurigheid.

Over de *presentatieles* van Sander zijn geen gegevens verzameld. De les van Marco verloopt wat rommelig in die zin dat de leerlingen hun presentatie niet goed hadden voorbereid en dat ze niet al te serieus op de presentaties reageren. Dat betekent dat deze les voor hen weinig effectief is geweest.

6.4.2 Nabespreking tweede ronde

Verantwoording van de inhoud- en werkvormkeuze

De drie gesprekken na de tweede ronde vonden plaats in de periode juni en juli 1996. Ze waren op basis van de hierboven gegeven evaluatie van de eerste ronde niet zozeer gericht op het evalueren van de onderwijspraktijk, als wel op het verdiepen van de didactische kennis over leerlingonderzoek. Gedurende de drie bijeenkomsten werden door de coach-onderzoeker vier activiteiten gepland. De eerste activiteit betrof het maken van een 'concept map' met als centraal begrip het leerlingonderzoek. De bedoeling van de coach-onderzoeker met deze 'concept map' was het peilen van de stand van zaken t.a.v. begripsvorming rond leerlingonderzoek op dat moment, en het eventueel komen tot nieuwe inzichten. De tweede activiteit betrof het analyseren van de eerder in raamplangesprek 2 geciteerde lijst met beoordelingscriteria van leerlingonderzoek in de bovenbouw (Budding e.a., 1992). Hierbij ging het om een mix van criteria, waaronder criteria met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid. Deze activiteit was met name bedoeld om als inspiratie te dienen voor het opstellen van concrete criteria voor begeleiding en beoordeling van het onderbouw leerlingonderzoek. De derde activiteit betrof het al eerder aangekondigde bespreken van enkele probleemverslagen met de bedoeling om de docenten zelf te laten formuleren wat hun opvattingen over kwaliteit waren. Als vierde werden criteria geformuleerd die gebruikt konden worden bij het begeleiden en beoordelen van het leerlingonderzoek. Tot slot werden wat knelpunten opgelost.

Bijeenkomst 5

Doel van de bijeenkomst is om te proberen het inzicht van de beide docenten in de kwaliteit van leerlingonderzoek te verdiepen. Als werkvorm is gekozen voor het maken van een 'concept map' over leerlingonderzoek. In het algemeen kan 'concept mapping' als onderwijsactiviteit gebruikt worden om ideeën van lerenden over concepten expliciet te krijgen (zie ook Novak & Gowin, 1993). 'Concept mapping' met betrekking tot het begrip leerlingonderzoek kan worden opgezet in drie stappen: in de eerste stap noteert iedereen voor zich begrippen en aspecten die te maken hebben met leerlingonderzoek. In de tweede stap worden de begrippen met elkaar vergeleken en worden begrippen toegelicht. Ook wordt een keuze gemaakt welke begrippen wel, en welke niet in het schema worden opgenomen. Tot slot wordt in stap 3 een schema van leerlingonderzoek gemaakt waarin de begrippen in hun onderlinge samenhang zijn ondergebracht. Via onderling overleg moet er consensus zijn over het uiteindelijke resultaat. Het lukt echter om onduidelijke redenen niet om met deze aanpak een goed begin te maken. Daarom kiest de coach-onderzoeker een andere benadering. Hij schrijft op een vel papier de woorden *vraag* en *antwoord* en verbindt die met een pijl. Hij nodigt de docenten uit om aan de hand van dit schema, dat heel globaal aangeeft waar het in een onderzoek om gaat, aspecten te noemen die met het valide en betrouwbaar uitvoeren van onderzoek te maken hebben. Daardoor wordt het gesprek uiteindelijk een discussie over het aanscherpen van de begrippen validiteit en betrouwbaarheid aan de hand van de ervaringen in de klas. Op de vraag van de coach-onderzoeker wat validiteit te maken heeft met de onderzoeksvraag antwoordt Marco dat het een vraag moet zijn die te maken heeft met het zoeken van verban-

den tussen grootheden. Voor Sander heeft het te maken met het feit of de proef haalbaar is. Dus of er op school spullen voor zijn en of ze daar mee kunnen omgaan. Het valide zijn van de vraag wordt dus door Sander geassocieerd met het niet haalbaar zijn van de vraag. Bij doorvragen van de coach-onderzoeker komt Marco met de opmerking dat het over fysica moet gaan en dat het geen 'bouwvraag' moet zijn. Er moet iets te onderzoeken zijn. Uiteindelijk komt de discussie uit bij de opmerking van Marco dat: 'iedere term in de vraag moet vastliggen. Die moet meetbaar zijn'. Sander vult dat aan met de opmerking dat de grootheden bekend en meetbaar moeten zijn. Marco merkt hierover op dat hij bij de leerlingen wel zaken heeft goedgevonden die niet helder waren gedefinieerd en waarvan hij zich toen afvroeg of hij dat wel goed moest vinden. Hij vindt dat zoiets de eerste keren nog wel mag (omdat ze het moeten leren), maar niet meer in de derde klas. Ook wordt door Marco de eenduidigheid van de vraag genoemd. Het moet niet mogelijk zijn dat een vraag twee goede antwoorden oplevert. Sander merkt op dat de leerlingen in de bespreklessen daar onmiddellijk op reageren. Zo van: 'Wat wil je nou, man!' Door Marco wordt verder opgemerkt dat de hypothese ook bij de vraag hoort. De coach-onderzoeker vraagt zich af wat zo'n hypothese nu precies inhoudt. Is het een verwachting, een onderbouwde verwachting, een theorie? Marco vindt dat het een verwachting moet zijn met een 'want ...', dus met een onderbouwing. Hij vindt dat bij het onderzoeksproces horen. Sander geeft aan daar niet zo aan te hechten, maar het wel belangrijk te vinden dat de leerlingen daar in de tweede klas al mee worden geconfronteerd. Marco vult dit aan door op te merken dat de hypothese met onderbouwing best nog wel simpel mag zijn. Vervolgens komen zaken als 'eerlijk meten' en het 'nul-experiment' aan de orde. Onder een nul-experiment verstaat Marco: meten zonder iets te veranderen, en kijken wat er dan uitkomt. Iets kan onder invloed van de omgeving veranderen (bijvoorbeeld temperatuursinvloeden of drukveranderingen) zonder dat de onderzoeker iets doet. Voor Marco is zo'n nul-experiment van belang. Sander vindt dat erbij moet staan welke factoren er allemaal invloed hebben op het hele gebeuren (eerlijk meten). De coach-onderzoeker komt met het begrip 'gidsexperiment'. Dit is een try-out om te kijken of het ongeveer lukt zoals bedoeld was. Sander en Marco noemen onmiddellijk voorbeelden van onderzoeken waar een gidsexperiment heel wat problemen had voorkomen. Dit gidsexperiment komt later weer terug. Bij het onderwerp 'betrouwbaarheid' komt de nauwkeurigheid ter sprake. Marco merkt op dat voor leerlingen het instrument heilig is: ze geven vaak een veel grotere nauwkeurigheid op dan verantwoord is. Zo wordt een handgeklotte tijd, die met een stopwatch is gemeten, tot een honderdste seconde opgegeven. Andersom gebeurt ook. Bijvoorbeeld het meten van een 'kracht' van 1 kilogram met een veerunster die een bereik van 25 kg heeft. Ook komt de herhaalbaarheid ter sprake. En het herhalen van metingen, om daaruit het gemiddelde te bepalen en om uitschieters weg te laten. De docenten zeggen klassikaal een slingerproef gedaan te hebben om dit soort zaken met de leerlingen door te nemen. Zo leerlingen het al hebben gehad, passen ze het nog niet in hun onderzoek toe. Tot slot komt het reflecteren van de leerlingen op hun eigen onderzoek nog aan bod. Daarover merkt Sander onder meer op dat leerlingen alleen reflecteren als ze geen antwoord op hun vraag hebben gevonden. De docenten vinden dat er nog niet zoveel van de leerlingen verwacht mag worden wat reflectie op hun eigen onderzoek betreft.

De conclusie van de hierboven weergegeven discussie is, dat na een valse start de begrippen validiteit en betrouwbaarheid van leerlingonderzoek voor de docenten enigszins aan betekenis gewonnen lijken te hebben. Waar in de eerste ronde nog het idee bestond dat deze begrippen niet echt uit de verf kwamen blijkt dat de docenten in ieder geval in theorie in staat zijn een aantal aan het doen van onderzoek verwante begrippen in relatie tot elkaar te zien. De vraag is in hoeverre ze in staat zijn deze begrippen in hun onderwijs te gebruiken.

Om dit laatste te stimuleren wordt na de hierboven weergegeven discussie met beide docenten de lijst met beoordelingscriteria doorgenomen, zoals die is opgesteld door een werkgroep van de NVON (Budding e.a., 1992). Zie bijlage 6.4. Deze lijst is bedoeld als hulpmiddel voor docenten bij het beoordelen van het eigen onderzoek van leerlingen in de bovenbouw. De opdracht wordt door de coach-onderzoeker als volgt geformuleerd: 'Selecteer uit deze lijst alle criteria die met validiteit en betrouwbaarheid te maken hebben'. Het doel van deze opdracht is om docenten te laten zien dat de eisen voor een valide en betrouwbaar onderzoek kunnen worden geoperationaliseerd in beoordelingscriteria. De opdracht is bedoeld als inspiratie voor het opstellen van een eigen criterialijst voor de onderbouw. Het blijkt niet zo eenvoudig om op basis van de formuleringen een duidelijk selectie te maken. De discussie, die hier verder niet wordt uitgewerkt, laat zien dat de docenten de verworven inzichten uit de vorige discussie, in theorie althans, kunnen gebruiken om de opdracht goed uit te voeren.

De docenten worden weggestuurd met vier verslagen waar ze de volgende opdracht bij krijgen:

Bekijk de vier verslagen aan de hand van de volgende punten:

- A Stel criteria op met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid, waaraan volgens jou een leerlingonderzoek moet voldoen;
- B Analyseer de verslagen op deze criteria;
- C Beoordeel de verslagen op deze criteria. Zou je een kwaliteitsscore kunnen geven?

Bijeenkomst 6

Doel van de bijeenkomst is om aan de hand van leerlingverslagen zicht te krijgen op de manier waarop leerlingen omgaan met het valide en betrouwbaar zijn van hun onderzoek, en daardoor het inzicht van beide docenten in deze materie te vergroten. Daartoe worden de eerder uitgedeelde verslagen besproken aan de hand van de hierboven weergegeven opdracht. In deze paragraaf zal een globale beschrijving worden gegeven van de bespreking van het eerste verslag. Dit verslag is opgenomen als bijlage 6.5. Bij de evaluatie zal worden nagegaan of deze verslagbespreking een zinvolle bijdrage heeft geleverd aan een beter begrip van het onderzoekswerk van de leerlingen.

De docenten hebben de gevraagde criteria in onderdeel A van de opdracht niet concreet op papier gezet. Uit hun reacties blijkt dat ze de opdracht niet goed geïnterpreteerd hadden. Daarom wordt besloten te bespreken wat er mis is aan het verslag op basis van hun impliciete criteria. Uit de opmerkingen blijkt dat de kwaliteit van het onderzoek een stuk hoger zou zijn geweest als de leerlingen van te voren hadden uitgetest of hun opstelling naar tevredenheid

werkte. Naar aanleiding hiervan wordt door beide docenten de noodzaak voor het instellen van een aanrommelfase of gidsexperiment³⁷ aangestipt om dergelijke problemen op te vangen:

(B6) [S = Sander, M = Marco, T = coach-onderzoeker]

S Als eerste zou ik zeggen, pak eens een elastiekje en probeer het eens even

T Ja, dat is dus dat gidsexperiment Wat is

S Even uitproberen Want wij hebben natuurlijk makkelijk praten, van er komt iets tegen het spijkertje aan Welke hoogte neem je? Welke afstanden?

M Zo, weet je wel, hop

T Nee, maar dat gidsexperiment vind ik, is misschien best wel een belangrijk begrip waar we over moeten hebben Probeer het dus, wil dat in feite zeggen

S Probeer maar

Ter afsluiting vraagt de coach-onderzoeker hoe ze, als ze nu naar het verslag kijken door de bril van validiteit en betrouwbaarheid, het verslag zouden beoordelen. Sander zou er nu een onvoldoende voor gegeven hebben (dat was toen een zes). Marco zou er nog een zes voor over hebben gehad in de eerste ronde, maar zou voor een dergelijk verslag aan het eind van klas 3 een onvoldoende gegeven hebben.

De docenten geven na afloop van de bijeenkomst aan tevreden te zijn met 'de weg die ze opgaan' (Marco), en met 'de uitdaging die er ligt' (Sander). Wel vinden ze dat de weg nog niet helemaal duidelijk is. Ze hebben in ieder geval laten zien dat ze een verslag kunnen beoordelen op aspecten, die de kwaliteit van het verslag betreffen. Het doel van deze activiteit is o.i. gehaald: de docenten blijken in staat om alle zwakke plekken van het verslag in termen van validiteit en betrouwbaarheid te benoemen. De vraag blijft natuurlijk in hoeverre deze kennis een transfer heeft naar de dagelijkse praktijk van het onderwijs.

Bijeenkomst 7

Doel van deze laatste bijeenkomst voor de vakantie is om te komen tot een lijst met zogenaamde 'criteria voor validiteit en betrouwbaarheid' aan de hand van een door de coach-onderzoeker gemaakt voorstel (zie bijlage 6.6). Deze lijst omvat per onderzoeksfase een aantal *criteria*, waaraan de leerlingen bij het uitvoeren van hun onderzoek moeten voldoen met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid.

Allereerst stelt de coach-onderzoeker de lijst inhoudelijk aan de orde. De docenten vinden deze een goede weergave van hetgeen is besproken, hetgeen erop duidt dat ze de opvattingen van de coach-onderzoeker lijken over te nemen. Het belangrijkste onderwerp van discussie voor hen is de vraag met betrekking tot de nauwkeurigheid van metingen. De vraag is welke eisen hieraan moeten worden gesteld. Sander heeft daar in het verleden in de onderbouw altijd weinig aandacht aan besteed. Hij vindt het voor de leerlingen een te lastig onderwerp. Marco vindt dat de leerlingen aan de hand van een serie metingen wel moeten kunnen aangeven hoe groot de fout in het gemiddelde is. Uiteraard niet aan de hand van een berekening

³⁷Hoewel het gidsexperiment tijdens bijeenkomst 5 al door de coach-onderzoeker werd genoemd, is het hier wel van belang dat de beide docenten er nu zelf mee komen Vanaf ronde 3 is er ook daadwerkelijk een gidsles ingesteld als een onderdeel van de uitvoering

maar wel aan de hand van een schatting op basis van de spreiding in de individuele metingen. De discussie die hierover wordt gevoerd heeft tot doel de grenzen van dit onderwerp te verkennen en mogelijk te komen tot een compromis. Besloten wordt om de formulering zodanig te wijzigen dat de eisen niet te hoog zijn: er wordt van de leerlingen verwacht dat ze iets zeggen over de fout in het eindantwoord en zo nodig een schatting van deze fout maken. Ook wordt besproken of er voor de verschillende typen onderzoek³⁸ aparte criteria voor validiteit en betrouwbaarheid moeten komen. Uit de discussie blijkt dat de beide docenten daar niet voor zijn. Met de overige criteria hebben de docenten geen moeite.

Het tweede item dat de coach-onderzoeker aan de orde stelt is hoe de hierboven geformuleerde criteria kunnen worden geoperationaliseerd in onderwijs, dat de kwaliteit van het leerling-onderzoek probeert te verhogen. Daarbij komen aan bod de *didactische uitwerking*, het *begeleiden van de leerlingen*, en het *beoordelen van het leerlingenvoerwerk*. Hoewel deze onderwerpen in de discussie enigszins door elkaar lopen worden ze hieronder afzonderlijk beschreven.

Wat betreft de *didactische uitwerking* vindt Marco dat het leren onderzoeken wat hem betreft nog steeds moet starten met het leren formuleren van de onderzoeksvraag. Marco: 'Als je geen goede onderzoeksvraag hebt, kom je nergens'. Hij vindt dat dat het meest waardevolle van het afgelopen jaar is geweest. In zijn optiek moet in het tweede leerjaar de ontwerpfase (vraag, hypothese en werkplan) de nadruk hebben, moet in het begin van het derde leerjaar de nadruk liggen op het meten, en moet gedurende de laatste twee rondes de nadruk liggen op het verwerken van de metingen. De coach-onderzoeker memoreert nogmaals aan de verschillende mogelijkheden voor de opbouw van kennis en vaardigheden en merkt op dat op basis van eerdere discussies gekozen is voor een holistische aanpak. Marco vindt het leerlingen van te voren laten oefenen van apparatuurvaardigheden – en dat hebben ze twee lessen lang gedaan – noodzakelijk, maar ook voldoende voor het leerlingonderzoek. In het onderzoek passen ze deze vaardigheden dan toe. De coach-onderzoeker merkt op dat deze vaardigheden wel noodzakelijk zijn, maar dat het de vraag is of deze vaardigheden een transfer hebben naar de – vaak unieke – onderzoekssituatie. Naar aanleiding van het starten met een door leerling- en zelf bedachte onderzoeksvraag moet het volgens de beide docenten ook mogelijk zijn dat de leerlingen hun vraag bijstellen, als blijkt dat na de ontwerpfase de vraag om wat voor reden dan ook niet haalbaar blijkt. In een aantal gevallen blijkt dit zelfs pas na de eerste metingen. Door de coach-onderzoeker wordt herinnerd aan wat al eerder in bijeenkomst 6 werd opgemerkt met betrekking tot het instellen van een zogenaamde gidsles:

(B7) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

T: Ja, maar ik zou er dus voor pleiten misschien, om een soortement gidsexperimentje of proefmeting of zo er in te doen. Weet je wel, wat jij vorige week al zei. Alleen, dat kost tijd.

S: Ja.

M: Ja, in sommige gevallen is die heel gemakkelijk, maar als die niet gemakkelijk is, dan is het de vraag of je dat lukt. Als dat veel tijd kost, zoveel tijd hebben ze niet.

³⁸Als mogelijke typen worden door de coach-onderzoeker genoemd het beschrijvende onderzoek, het ontwerponderzoek en het meetonderzoek.

T: Ja, ja.

S: Maar ik denk dat zonder meer, soms moeten ze gewoon even weggestuurd worden, van ga het maar even proberen. Daar ben ik van overtuigd.

T: Dat betekent dus wel dat je twee lessen bezig bent met practicum.

S: Ja, dat zijn keuzes. Ik zit zelf te denken aan blokuren in de tweede. Dan is er veel meer tijd om met practicum bezig te zijn.

In de discussie wordt het gidsen min of meer gezien als een uitproberen van een beoogde meting in de aanloop naar het definitieve experiment, met als doel het van te voren uit de weg ruimen van problemen die het mislukken van het onderzoek zouden kunnen veroorzaken. Als voorbeeld wordt genoemd het verwarmen van 1 liter water met een dompelaartje van 11 watt. Als leerlingen dat van te voren uitproberen, merken ze dat het veel te langzaam gaat en worden ze gedwongen wat anders te bedenken. Een activiteiten die ook kunnen bijdragen tot het valide en betrouwbaar uitvoeren van onderzoek – en die al eerder aan de orde is geweest – is het in de les bespreken van voorbeelden en non-voorbeelden van onderzoeksvragen. Een andere optie vindt Sander het laten verbeteren van een (al dan niet fictief) verslag, dat niet aan de nodige kwaliteitseisen voldoet. Elk aspect over validiteit, dat de leerlingen moeten kennen in verband met het doen van onderzoek, moet volgens Sander een keer met de hele klas besproken zijn. Anders weten alleen die leerlingen het die het in hun onderzoek zijn tegengekomen.

Met betrekking tot de *begeleiding* van de leerlingen komt het bijhouden van een logboek door de leerlingen ter sprake. In dit logboek zouden de leerlingen aantekeningen moeten maken van opmerkingen, die door de docent en hun medeleerlingen over hun eigen onderzoek, maar ook over dat van anderen worden gemaakt. Anders is de kans groot dat opmerkingen te ‘particulier’ blijven en dat de rest van de leerlingen er niets mee doet. Dit logboek wordt door Sander afgewezen als zijnde te tijdrovend. Ze moeten in zijn optiek namelijk door de docenten worden gecontroleerd en becommentarieerd en dat is veel werk. Verder moeten de verslagen en aantekeningen steeds voor de hele onderzoeksgroep worden gekopieerd. Ook Marco ziet er niet veel in. In zijn optiek zijn leerlingen slordig en verliezen aantekeningen en verslagen: ‘Het is een boel werk, maar je schiet er niets mee op’ (B7). Besloten wordt het besluit over een leerlingenlogboek op te schorten naar de voorbereiding van de derde ronde.

Als derde komt de *beoordeling* aan bod. Het gaat daarbij om het vaststellen van een cijfer voor de onderzoeksprestaties van de leerlingen. De discussie hierover wordt ingeleid met de opmerking van Sander dat de leerlingen moeten weten dat niet alleen hun verslag, maar ook hun activiteiten tijdens de lessen beoordeeld worden. Ze worden daardoor gestimuleerd extra hun best te doen. Hij doet dat nu al globaal in de derde klas. De vraag is op basis van welke criteria de onderzoeksprestaties van de leerlingen moeten worden beoordeeld. Daarin spelen de criteria van validiteit en betrouwbaarheid een rol. Maar door Sander en Marco worden ook zaken genoemd als de moeilijkheidsgraad van het onderzoek, de creativiteit en de sociale vaardigheden (samenwerking). Ook komt ter sprake wat er moet gebeuren als de bijdragen aan het onderzoek en het verslag niet gelijk over de leden van de onderzoeksgroep zijn verdeeld. De docenten vinden dat moeilijk te controleren en vinden het bovendien de verantwoordelijkheid van de groep zelf. Het voorstel van de coach-onderzoeker om per groep een

totaalpunt te geven en de leerlingen zelf de punten over de individuele groepsleden te laten verdelen wordt om onduidelijke redenen niet overgenomen.

Tot slot worden nog wat suggesties gedaan ter verbetering van het werkblad (welke grootheden, welke apparatuur, welke variabelen, al dan niet proefmetingen nodig). Ook worden globale afspraken gemaakt met betrekking tot de data voor de rondes in het derde jaar. Daarbij wordt rekening gehouden met de benodigde tijd voor voorbereidende besprekingen, en de leerlingonderzoeksactiviteiten in de andere leerjaren. Definitieve afspraken kunnen pas worden gemaakt als het jaarrooster klaar is.

Waar het gaat om het meenemen van criteria voor kwaliteit in de eindbeoordeling van de verslagen is deze bijeenkomst o.i. geslaagd. De vraag is wel hoe de uiteindelijke beoordelingswijze er uit komt te zien, en hoe dit gaat functioneren.

Nazorg

Op 10 juli wordt aan de beide docenten een brief gestuurd met daarin een aantal afspraken. Uit deze brief zijn naar aanleiding van bovenstaande discussie de belangrijkste afspraken in figuur 6.1 weergegeven. Het beoordelingsmodel is opgenomen in bijlage 6.7. De punten uit de brief worden in de voorbereiding van ronde 3 meegenomen.

Beste Sander en Marco,

Naar aanleiding van ons laatste gesprek nog even wat zaken op een rijtje. Het zijn over het algemeen dingen waarover begin september een beslissing moet worden genomen. (...)

- ▶ **Beoordelen:** Ik heb wat zitten stoeien met een beoordelingsmodel voor onderzoek doen in de onderbouw (zie bijlage). Daarbij ben ik uitgegaan van de criterialijst en werk ik met bonuspunten en een weegfactor. Ik heb het ook toegepast op het beroemde "elastiekjesverslag" en het werkt m.i. wel. Graag jullie commentaar. (...)
- ▶ **Lesmateriaal over onderzoek doen:** In ons laatste gesprek hebben we het gehad over lesmateriaal om leerlingen met de criteria van validiteit en betrouwbaarheid vertrouwd te maken. We dachten aan: voorbeeld-onderzoeksvragen, een fictief verslag waar van alles op aan te merken is, onderzoeksvraag versus hypothese, meetnauwkeurigheid, etc. Ik zal daar eens over nadenken en wat voorstellen doen. (...)
- ▶ **Feedback:** Reflectie door de leerlingen over wat fout ging en waarom is belangrijk. De vraag is hoe we dat het beste kunnen doen. Je kunt reflectie afdwingen door bijvoorbeeld gidsexperimenten, of door klassikaal over onderzoeksvragen en resultaten te praten (zoals we deden). Ook hier moeten we nog verder over nadenken. (...)

Figuur 6.1 - Fragment uit een brief van de coach-onderzoeker aan de beide docenten.

6.4.3 Tussenevaluatie

Het doel van de gesprekken in de tweede ronde leerlingonderzoek was het verder ontwikkelen van kennis en vaardigheden m.b.t. de kwaliteit van leerlingonderzoek. De vraag aan het eind van de tweede ronde leerlingonderzoek is in hoeverre er in inhoudelijke zin in de beoogde

richting een verandering heeft plaatsgevonden bij de docenten. Naast het beantwoorden van deze vraag zal ook een reflectie plaatsvinden op het scholingsproces.

De didactiek van leren onderzoeken

Opvattingen over leren en onderwijzen

In deze ronde is daar niet expliciet aan gewerkt.

Doelen en inhoud

Hoewel de onderwijsdoelen van de beide docenten nog steeds hoofdzakelijk algemeen pedagogisch van aard zijn, is tijdens de gesprekken geprobeerd door verdieping van kennis over validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek dit laatste aspect wat meer gewicht te geven. Bij het inventariseren van kennis over onderzoek bij de docenten (bijeenkomst 5) leek het er aanvankelijk op dat de beide docenten nauwelijks een idee hadden wat bedoeld werd met zoiets als een valide onderzoek. Uiteindelijk leverde het gesprek veel (bij de docenten grotendeels al aanwezige) kennis over onderzoek op. De koppeling naar het onderwijs werd gemaakt via het analyseren van de NVON-criteria en het analyseren van de leerlingverslagen: de docenten blijken wel in staat hun kennis over onderzoek toe te passen, maar niet in staat van daaruit criteria op te stellen voor kwalitatief goed onderzoek. Bij de inhoudelijke discussie over de door de coach-onderzoeker opgestelde criteria is de meeste tijd besteed aan de meetnauwkeurigheid. Hoewel enig benul van de meetnauwkeurigheid van groot belang is voor de betrouwbaarheid van het onderzoek, vindt Sander dit voor de leerlingen een te lastig onderwerp. Uiteindelijk wordt het criterium hierover flink afgezwakt. De discussie over de verslagen levert het idee van een gidsles op.

De beginsituatie van de leerlingen

Dit onderwerp kwam gedurende deze ronde niet expliciet aan de orde. Wel maakte Marco in bijeenkomst 7 de opmerking dat hij de in klas twee geoefende apparatuurvaardigheden noodzakelijk maar ook voldoende vindt om met het leerlingonderzoek te kunnen starten.

Vormgeving

Als in de gesprekken de didactische uitwerking ter sprake komt (bijeenkomst 7), blijkt Marco zijn standpunt niet te hebben gewijzigd: hij vindt dat begonnen moet worden met het leren formuleren van de onderzoeksvraag. Dat vond hij ook het 'meest waardevolle' (sic!) van het afgelopen jaar. Verder moet volgens hem in het tweede jaar de nadruk liggen op de ontwerp-fase, in het begin van het derde jaar op het meten, en gedurende de laatste twee rondes op het verwerken van de metingen. We zien hier weer de stellingname terug van Marco zoals hij die innam in de voorbereidingsfase, waarin hij zich sterk maakte voor het starten met de onderzoeksvraag en hypothese. Het lijkt wel alsof er ondertussen niets is gebeurd. De coach-onderzoeker herinnert Marco fijntjes aan de eerder gekozen holistische aanpak.

In de gesprekken duikt ook weer de gidsles op als een gewenste activiteit gedurende de uitvoering van het onderzoek door de leerlingen. Over de invulling daarvan zijn de docenten het niet helemaal eens. De discussie daarover zal zeker in de voorbereiding van de derde

ronde worden voortgezet.

Wat betreft de begeleiding van de leerlingen wordt een leerlingenlogboek afgewezen. Dit gebeurt niet op inhoudelijke, maar op pragmatische gronden: het zou te veel tijd kosten, ze verliezen hun aantekeningen., etc. Het door Sander aanvankelijk geformuleerde motief om mee te doen met de scholing, namelijk het stroomlijnen van het leerlingonderzoek, zodat het hem minder tijd zou gaan kosten, komt expliciet naar voren.

Tot slot komt nog het lesmateriaal over onderzoekskennis ter sprake. Suggesties worden gedaan voor het leerlingen laten reageren op non-voorbeelden van onderzoeksvragen, en het leerlingen laten verbeteren van kwalitatief slechte verslagen (B7). Concrete voorstellen worden nog niet gedaan.

Wijze van evalueren

Wat betreft de beoordeling van het leerlingonderzoek wordt een begin gemaakt met een ander beoordelingsmodel. Dit model moet de 'natte-vinger-beoordeling' vervangen. De docenten willen niet alleen beoordelingscriteria m.b.t. kwaliteit, maar hechten ook aan zaken als de moeilijkheidsgraad van het onderzoek, de creativiteit, en de samenwerking. Verder vindt Sander dat ook de activiteiten van de leerlingen tijdens de PEO-les moet worden beoordeeld.

Kort samengevat: wat betreft de ontwikkeling bij de docenten van kennis en vaardigheden in de didactiek van leren onderzoeken zijn aantoonbare vorderingen gemaakt. Daar waren overigens de bijeenkomsten ook nadrukkelijk op gericht. Een ander belangrijk aspect is het operationaliseren van validiteit en betrouwbaarheid in de vorm van beoordelingscriteria geweest: hierin is een eerste stap gezet.

Reflectie op de scholingsdidactiek

We beperken ons in dit deel tot de didactische uitwerking van de scholing. Zaken als: opvattingen van coach-onderzoeker over 'goed' onderwijs, aandacht voor de beginsituatie van de docenten, en evaluatie komen in de hoofdstukken 7 en 8 nog aan de orde.

Bijeenkomst 5 was bedoeld om meer inzicht te krijgen in de ideeën van de docenten over leerlingonderzoek, en met name de plaats van validiteit en betrouwbaarheid daarin. De beoogde werkvorm was het maken van een concept map. Dit kwam niet van de grond en had beter moeten worden voorbereid. De uiteindelijke discussie blijkt wel wat te hebben opgeleverd in die zin dat de relevante aspecten van kwaliteit expliciet aan de orde kwamen. De vraag is natuurlijk of in dit stadium een 'echte' concept map beter had gewerkt.

De discussie over de beoordelingscriteria van de NVON heeft o.i. zijn doel bereikt: de docenten zien hoe kwaliteit van onderzoek kan worden geoperationaliseerd in concrete criteria, die ook een functie kunnen vervullen bij de beoordeling van het onderzoek.

Het beoordelen van verslagen in bijeenkomst 6 heeft er verder toe geleid dat de docenten de kwaliteitsaspecten van een onderzoek aan de hand van een verslag scherper zijn gaan zien en ook bereid zijn daar meer gewicht aan toe te kennen. Deze activiteit zou o.i. een centrale activiteit moeten zijn in de scholing, omdat een kwalitatief slecht verslag gebruikt kan worden om het begrip kwaliteit meer inhoud te geven en om de docenten motieven te geven hieraan te

werken met de leerlingen.

De door de coach-onderzoeker ontwikkelde lijst met criteria tot slot vormt een concreet uitgangspunt voor een beoordeling, die kan dienen als instrument om de doelen van het leerlingonderzoek te expliciteren. Een nadeel is o.i. de nadruk die daardoor in dit stadium van de scholing op de beoordeling wordt gelegd. De criteria zijn eerder bedoeld als een instrument voor de leerlingen om hun eigen onderzoek op validiteit en betrouwbaarheid te beoordelen. Een voordeel van deze werkwijze is o.i. dat de criteria nu een formelere status krijgen en de docenten er niet onderuit kunnen.

6.5 DE DERDE RONDE LEERLINGONDERZOEK

In deze paragraaf worden de voorbespreking, uitvoering en nabespreking van de derde ronde leerlingonderzoek beschreven. De voorbespreking vormt hier een apart onderdeel van de beschrijving van de derde ronde vanwege de onderbreking t.g.v. de vakantie. Deze is inmiddels achter de rug en de meeste leerlingen zijn bevorderd naar leerjaar 3. Met name Sander is het komende jaar grotendeels werkzaam op de Dependance Oost en de bijeenkomsten worden daar gepland.

6.5.1 Voorbespreking derde ronde

Verantwoording van de inhoud- en werkvormkeuze

De voorbespreking van de derde ronde vond plaats tijdens vier bijeenkomsten gedurende de periode oktober en november 1996, en dat was noodzakelijk gezien de lange tijdsduur tussen de tweede en derde ronde, en de zaken die na de tweede ronde nog moesten worden afgerond. Dat betrof met name het ontwikkelen van een beoordelingsformulier en het ontwikkelen van lesmateriaal over aspecten van validiteit en betrouwbaarheid van onderzoek.

Vorbereiding

Ter voorbereiding van de bijeenkomsten brengt de coach-onderzoeker op 9 september 1996 een oriënterend bezoek aan het Waterland Gymnasium. Tijdens dat bezoek zijn voornemens geformuleerd, die later in een brief aan de beide docenten door de coach-onderzoeker worden bevestigd. Het gaat om de volgende zaken:

- Er worden drie ronden leerlingonderzoek gedaan in leerjaar 3. De eerstvolgende ronde staat gepland voor de periode oktober - november, de andere twee voor maart en mei.
- Er wordt voorgesteld om voor ronde 3 een drietal lessen uit te trekken: twee lessen voor gidsen en uitvoeren van het onderzoek en één les voor de presentatie. De bespreking van de onderzoeksvragen gebeurt tijdens de 'gewone' natuurkundelessen. Alle leerlingen maken van hun onderzoek een verslag.

Verder krijgen de docenten dit schooljaar 1 uur extra uitbetaald door de KUN om hen tegemoet te komen voor de tijd, die ze in de scholing steken.

Bijeenkomst 8

Doel van deze eerste bijeenkomst na de vakantie is om een aanzet te geven tot het bespreken en ontwikkelen van de wijze van beoordeling, en van lesmateriaal. Bij het nalopen van de afspraken ontstaat een discussie over de functie en plaats van het gidsen in het onderzoek. Sander ziet het gidsen als onderdeel van de uitvoering: leerlingen krijgen in totaal twee lessen om hun onderzoek uit te voeren. Als ze iets willen uitproberen waar ze twijfels over hebben, dan kan dat in de extra tijd die ze dan hebben. Voor Marco echter is het gidsen een onderdeel van de voorbereiding, op basis waarvan wellicht een bijstelling zal moeten plaatsvinden van de meetmethoden, de onderzoeksopzet, of in het ergste geval van de onderzoeksvraag. De leerlingen die willen gidsen krijgen daarvoor één les. De rest gaat in die les huiswerk maken. De daaropvolgende les is bedoeld voor de definitieve metingen. Beide docenten zijn het er wel over eens dat ze via het werkblad leerlingen moeten kunnen adviseren om een gidsexperiment uit te voeren als uit de vraag blijkt, dat er problemen te verwachten zijn bij de uitvoering. Besloten wordt om zowel de variant van Marco als die van Sander uit te proberen.

Als volgende wordt het beoordelingsmodel in combinatie met de criteria aangekaart door de coach-onderzoeker. In de discussie komt aan de orde dat de criteria niet in die vorm aan de leerlingen kunnen worden gepresenteerd, omdat ze niet vertrouwd zijn met de concepten 'validiteit' en 'betrouwbaarheid'. De criteria moeten dus in een voor leerlingen begrijpbare taal worden omgezet. Veel tijd wordt besteed aan een discussie over het voorgestelde beoordelingsmodel, waarin de begrippen 'weegfactor' en 'bonus' voorkomen. Naast de 8 punten voor het onderzoek kunnen de leerlingen nog 2 punten bonus verdienen voor samenwerking, creativiteit en originaliteit. Verder wordt het eindpunt gewogen met een getal tussen 0,8 (voor een standaard onderzoek) en 1,0 (voor een pittig onderzoek). Beide docenten gaan daarmee akkoord³⁹.

Een ander aspect is het moment van beoordelen. Wanneer en hoe beoordeel je de uitvoering inhoudelijk? En hoe de samenwerking? Besloten wordt om een beoordelingsformulier te ontwerpen, waarop tijdens de uitvoering per onderzoeksgroep kan worden 'afgevinkt' op welke onderdelen goed wordt gescoord, en waarop aantekeningen gemaakt kunnen worden die zo nodig met de leerlingen kunnen worden doorgenomen. In het formulier worden de criteria voor validiteit en betrouwbaarheid verwerkt, alsmede de normering zoals die in het beoordelingsmodel wordt voorgesteld. Dit formulier zal met de leerlingen worden besproken en zal gebruikt worden bij de verantwoording van het eindcijfer. Marco gaat het formulier ontwerpen, en het zal dan in de volgende bijeenkomst worden besproken en bijgesteld.

In de voorbereidingsfase en tijdens de coaching hebben de docenten regelmatig aangegeven dat ze zouden willen beschikken over lesmateriaal, dat gebuikt kan worden om aspecten van validiteit en betrouwbaarheid in onderzoek 'droog' (dus zonder een echt experiment te doen) te oefenen. Met de ontwikkeling ervan wordt in deze bijeenkomst een begin gemaakt. Het door de coach-onderzoeker aangeleverde materiaal is hoofdstuk 5 uit van den Berg en Buning (1994) over het oefenen van onderzoeksvaardigheden zonder practicum, en toetsvra-

³⁹Marco wil ook de mogelijkheid om een weegfactor 1,1 toe te kennen, zodat leerlingen die een rekenfout maken toch een 10 kunnen halen.

gen uit een deelonderzoek van het PACKS-project (Lubben & Millar, 1994). In dit materiaal komen bijna alle aspecten van het leerlingonderzoek aan bod. De coach-onderzoeker stelt voor om drie typen opdrachten te ontwikkelen: oefeningen rond de vraagstelling (en hypothesen), oefeningen rond het maken van een ontwerp of meetplan, en oefeningen die te maken hebben met het trekken van conclusies. De docenten reageren enthousiast op het materiaal. Door de coach-onderzoeker wordt het voorstel gedaan om tijdens één van de volgende bijeenkomsten zelf als oefening een aantal onderzoeksvragen te beoordelen op zaken als haalbaarheid, niveau, omvang, duidelijkheid en taalgebruik. In de toekomst zou een dergelijke opdracht met leerlingen gedaan kunnen worden in leerjaar twee na de eerste ronde in januari. We mogen concluderen dat het doel van de bijeenkomst is gehaald.

Bijeenkomst 9

Doel van deze bijeenkomst, die meer het karakter van een werkbijeenkomst heeft, is het bespreken van het door Marco ontwikkelde beoordelingsformulier. Het formulier is opgezet conform de afspraken die daarover zijn gemaakt. Er zijn expliciet criteria voor validiteit en betrouwbaarheid opgenomen. Daarnaast is er door de leerlingen een bonus van 2 punten te verdienen voor zaken als originaliteit idee, samenwerking en creativiteit. Het is in de door Marco ontwikkelde opzet mogelijk om op het formulier de scores van alle groepen aan te geven. Die score vindt plaats in de vorm van een +, 0 of - voor elk criterium. Niets invullen betekent dat het onderdeel niet van toepassing is op het onderzoek. Uit het aantal plussen, nullen en minnen kan vervolgens een eindcijfer worden bepaald. Afsproken wordt om een 'nette' uitdraai van het beoordelingsformulier op sheet te zetten en voorafgaand aan ronde 3 met de klas door te nemen. Tot slot wordt ook nog even gepraat over het lesmateriaal. De afspraak is dat de coach-onderzoeker voor de volgende bijeenkomst de eerder genoemde opdracht rond het beoordelen van onderzoeksvragen voor de beide docenten uitwerkt. Deze opdracht wordt op 23 oktober 1996 per brief aan de beide docenten gestuurd (zie bijlage 6.8) en wordt in bijeenkomst 10 besproken.

Bijeenkomst 10

Doel van deze bijeenkomst is opdoen van ervaring met lesmateriaal over onderzoek door het bespreken van de opdracht, die de docenten hebben uitgevoerd. Verder komen beoordeling en presentatieles aan de orde. De bijeenkomst begint met een aantal kanttekeningen die de beide docenten maken bij het ontwikkelde beoordelingsformulier. Het betreft hier met name opmerkingen ten aanzien van de praktische bruikbaarheid. Het formulier wordt op details aangepast. Het uiteindelijke resultaat is te vinden in bijlage 6.9. Deze versie is gebruikt bij de uitvoering van ronde 3. Verder wordt door de coach-onderzoeker het docentenlogboek en de directe feedback ter sprake gebracht. Hij betoogt dat beide beoogde activiteiten grotendeels zijn mislukt, en dat daar tijdgebrek een belangrijke factor in is geweest. Dit roept bij Sander een emotionele reactie op over het onderzoek in zijn derde klassen, die inmiddels zijn gestart met het formuleren van een vraag:

(B10) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

S: Ja, dat is voor mij dan het tweede uur. Ik heb dan drie keer achter elkaar in principe, en daar word ik dus helemaal gek van met al die keer in die lessen die PEO-vragen. Dus ik heb echt heel sterk de behoefte om

lesmateriaal in de tweede dusdanig op te bouwen zodat het veel minder tijd kost want ik word er helemaal tureluurs van. Echt hoor, want ik was voor de vakantie ook al moe en dan blijven ze maar en dan moet je elke keer weer op dezelfde manier reageren. Ik had echt m'n ... d'r van vol. (...)

S: Van oké: dat is de verkeerde formulering, denk eens na, wat ga je meten, niet volledig ingevuld, ga maar weer terug. En dan staan er dus vijf groepjes van leerlingen. Oké, ga maar weer nakijken, ga verder met de les. In plaats van oké, je hebt alles ingevuld, denk eens na ... even nog opvoeden om de eerste bladzijde goed in te vullen.

T: Dat gaat dus niet goed dan?

S: Nee.

T: In klas twee?

S: Nee, het kost mij teveel ... nee nee, in de derde joh.

M: En na drie uur dan ben je helemaal kapot. (...)

S: Het ging me even tegenstaan. Willen ze weer over die opwaartse kracht gaan doen. Dan hebben ze weer zo'n hele leuke vraag, heel krom geformuleerd, van wat de vloeistof voor invloed heeft op de opwa ... Dat ging me dus een beetje tegenstaan. Dan zeg ik echt van: ik hoop dat we zo meteen een stuk leerstof kunnen ontwikkelen, dat we in de tweede erin stoppen. Desnoods kunnen herhalen even in de derde. Voorbeelden. En dan weet ik nog niet precies wat ik ermee wil, maar. Ik vond het even geen leuke moment, dat ik nou in één keer zo stond tegen het hele PEO-gebeuren.

T: Dat kan ik me voorstellen ja. Je bent overvoerd.

S: Ja.

Uit het bovenstaande fragment valt op te maken dat Sander aanloopt tegen het feit dat de leerlingen in klas 3 nog steeds niet voldoende vaardigheden bezitten om een goede vraag te bedenken, en dat hij – zeker bij drie lessen achter elkaar – doodmoe wordt van het steeds maar weer op dezelfde manier reageren op de leerlingen. Zijn behoefte aan lesmateriaal om dat leerlingen in de tweede klas te leren is erg groot. Sander gaat er hierbij dus vanuit, dat het lesmateriaal een oplossing biedt voor dit probleem. Een oplossing als het beperken van de openheid is bij hem niet aan de orde.

Het gesprek wordt weer gebracht op organisatorische zaken, waaronder de inhoud en organisatie van de presentaties. Er wordt afgezien van de nabespreking aan de hand van de sheets omdat de ervaringen van beide docenten hiermee tijdens de eerste twee ronden niet zo positief zijn: het wordt als saai en oppervlakkig ervaren en het stelt hoge eisen aan het inleavingsvermogen van de leerlingen. Ze voelen er meer voor wat dieper in te gaan op een paar verslagen. Er wordt wat gebrainstormd over een mogelijke vormgeving. De coach-onderzoeker doet het voorstel om alle leerlingen een presentatie van hun onderzoek te laten voorbereiden en dan in de les er willekeurig vijf uit te kiezen. Marco vindt dat geen goed idee. Hij heeft weinig vertrouwen in de leerlingen en denkt dat ze dan hun kansen gaan afwegen. Hij vindt dat hun inspanningen moeten worden gehonoreerd en zou dus liever van te voren willen zeggen welke leerlingen aan de beurt komen. Overigens vindt Marco het leren presenteren een belangrijke algemene vaardigheid die ze op school moeten leren. Door de coach-onderzoeker wordt voorgesteld dat de leerlingen, net zoals bij een promotieonderzoek, moeten kunnen verantwoorden wat ze hebben gedaan. Hij oppert het idee om enkele leerlingen een soort commissie te laten vormen die slimme vragen afvuurt op de onderzoeksgroep. Dat idee wordt door de docenten afgeblazen omdat ze vinden dat de leerlingen dit eerst zouden moeten oefenen. Afsproken wordt om één (Sander) of enkele (Marco) groepen te laten presenteren. Dat hoeft dan geen hele les te duren. Ze krijgen daar een cijfer voor dat even zwaar meetelt

als een proefwerk. Dit cijfer is minimaal een zes. Verder wordt, om de leerlingen voor te bereiden op de presentatie, het idee geopperd hier een instructieve video over te maken. In een nagespeelde presentatie van een onderzoek kunnen dan de belangrijkste kernpunten aan de orde komen. Zo'n video kan een voorbeeldfunctie hebben voor de leerlingen die een presentatie moeten geven⁴⁰. De discussie over de presentatieles wordt in bijeenkomst 11 voortgezet.

De bijeenkomst wordt afgesloten met het bespreken van de opdracht over de onderzoeksvragen (bijlage 6.8). De docenten hebben voor elke vraag geturfd op welk onderdeel er mankementen aan de vragen zitten, en dat levert een vrij compleet beeld op. Marco brengt nog de veiligheid in als een criterium waaraan een vraag moet voldoen. De docenten vinden het een prima activiteit voor de leerlingen, waarmee in het tweede leerjaar moet worden begonnen en die af en toe moet worden herhaald. Het ontwikkelen van het resterende lesmateriaal wordt doorgeschoven naar de bijeenkomsten na ronde 3.

De doelstelling van deze bijeenkomst – het opdoen van ervaringen met lesmateriaal – is o.i. gehaald. De docenten werken de opdracht met goed resultaat uit en vinden het een activiteit, die een zinvolle bijdrage kan leveren tot het leren stellen van een goede onderzoeksvraag.

Bijeenkomst 11

Doel van deze laatste bijeenkomst voor ronde 3 is het komen tot een beslissing over het gebruik van het docentenlogboek als reflectie-instrument, en over de definitieve vormgeving van de presentatieles. De coach-onderzoeker doet een nieuw voorstel voor een logboek: de docenten wordt gevraagd om voor drie onderzoeksgroepjes die dingen op papier te zetten, die hun opvallen bij de fase van de onderzoeksvraag/ het werkplan, de fase van gidsen en experimenteren, en de presentatieles. De coach-onderzoeker heeft daarvoor invulformulieren ontworpen. De docenten nemen zich voor dat in te vullen. Ze hebben de fase van de onderzoeksvragen al achter de rug. Marco vond ze erg tegenvallen, hoewel niet duidelijk wordt waarom. Hij heeft ze in ongeveer een half uur met de klas doorgenomen.

In vervolg op de discussie tijdens de vorige bijeenkomst wordt de presentatieles opnieuw aan de orde gesteld door de beide docenten. Sander wil één groep laten presenteren, en dan ook nog een groep die het redelijk goed heeft gedaan. Marco vindt dat te weinig en wil twee groepen laten presenteren. Het voorstel van Marco om een samenvatting van de verslagen van de leerlingen aan iedereen mee te geven en ze dit thuis te laten voorbereiden wordt verworpen. Sander belooft om voor de leerlingen een aantal richtlijnen op papier te zetten, zodat ze bij de presentatie ook aspecten van validiteit en betrouwbaarheid aan de orde laten komen.

De bijeenkomst wordt afgesloten met een uitgebreide discussie over de invloed van het onderzoek en de coach-onderzoeker op de gang van zaken op school met betrekking tot het leren onderzoeken. De mening van de beide docenten is dat de coaching aan de ene kant de docenten enorm stimuleert om met het leren onderzoeken bezig te blijven en het te verbeteren (Sander: 'Zonder die stimulans was het doodgebloed'). Aan de andere kant kost het met name Sander heel veel energie. Hij zou graag willen dat alles gestroomlijnd werd en er een draai-

⁴⁰Uiteindelijk is de videoband er niet gekomen, omdat dit op korte termijn niet te verwezenlijken bleek.

boek zou liggen dat zou helpen om de hele natuurkundesectie op een lijn te krijgen. De bijeenkomst eindigt wat onbevredigend in die zin dat Sander aangeeft het vervelend te vinden om – ook nu weer – uit een discussie te worden losgerukt omdat de plicht van het lesgeven wacht.

Het doel van de bijeenkomst is grotendeels gehaald. Er wordt door de docenten een nieuwe poging gedaan het vereenvoudigde logboek in te vullen, en er is een – voor beide docenten verschillende – beslissing genomen over de presentatieles. Daarbij is niet gekozen voor een ‘strengere’ ondervraging, maar een wat vrijblijvende presentatie van één of meerdere ‘goede’ onderzoeksgroepen aan de hand van een serie richtlijnen, die door Sander op papier worden gezet.

Opzet derde ronde

De voorbesprekingen hebben geleid tot de opzet van de derde ronde leerlingonderzoek zoals weergegeven in tabel 6.5. De verschillen met de tweede ronde zijn dat er de mogelijkheid bestaat voor het uitvoeren van een gidsexperiment (maximaal 1 les). Deze komt in plaats van de voorbespreking van de onderzoeksvragen. Verder is de nabesprekles vervangen door een presentatieles van 1 of 2 groepen. Het onderzoekswerk van de leerlingen wordt beoordeeld aan de hand van een beoordelingsformulier

6.5.2 Uitvoering derde ronde

De beschrijving van de uitvoering van de derde ronde begint met een beschrijving van het verloop van de gidsles in combinatie met de PEO-les. De onderzoeksvragen die zijn ingediend zijn van te voren in de ‘gewone’ lessen, maar ook tijdens pauzes, met de leerlingen besproken en goedgekeurd. Vervolgens worden de presentatielessen beschreven en worden aandachtspunten voor de nabespreking geformuleerd.

Van de mogelijkheid die Sander geeft om een *gidsexperiment* uit te voeren maken 5 van de 13 onderzoeksgroepjes gebruik. Het blijkt dat sommigen er baat bij hebben. Zo krijgt de groep met de onderzoeksvraag: ‘Is er verband tussen het aantal graden dat de kraan open is gedraaid en de snelheid waarmee het water stroomt?’ de gelegenheid om een goede opstelling te bedenken, en besluiten twee groepen, die uit het boek de onderzoeksvraag: ‘Hoe hangt de kracht in twee touwen af van de hoek tussen die touwen?’ hadden genomen, om van vraag te veranderen, omdat de opstelling problemen opleverde. De rest van de klas wordt aan het werk gezet met het maken van huiswerk. De *PEO-les* blijkt meer gestroomlijnd te lopen dan voorheen. Dat heeft o.i. te maken met de duidelijke eisen die aan de leerlingen worden gesteld. Waar een aantal leerlingen nog steeds moeite mee heeft – en waar ze ook over klagen – is het verzinnen van een goede vraag. Tijdens de les is dit al een punt van discussie tussen Sander en de coach-onderzoeker en dit punt zal in de nabespreking zeker weer ter sprake komen. Sander geeft met betrekking tot de begeleiding aan meer vragen naar leerlingen terug te spelen. Hij suggereert om hardop te denken, zodat zijn gedachten over wat er zich in de klas afspeelt op de band komt en kan worden meegenomen in de feedback. Met betrekking tot

het beoordelen had Sander aangekondigd om aan het begin van de uitvoeringsles het beoordelingsformulier met de weegfactor toe te lichten. Marco kwam er echter erg laat mee waardoor Sander er niet echt aan toe kwam om het er uitgebreid met de leerlingen over te hebben. Hij gaf aan tijdens de gidsles aantekeningen op het formulier gemaakt te hebben, maar dat tijdens de begeleiding lastig te vinden.

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en vult deze, met de hypothese, in op het werkblad.	Werkblad	De docent geeft schriftelijk commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria.
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven en vult de andere onderdelen van het werkblad in.	Werkblad	De docent geeft goedkeuring
	De leerling voert eventueel een gidsexperiment uit.	Gegevens van het gidsexperiment	De docent geeft begeleiding op o.a. aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
	De leerling herformuleert eventueel zijn onderzoeksplan (en eventueel zijn onderzoeksvraag).	Werkblad	De docent geeft goedkeuring / De docent geeft beoordeling van voorbereidingsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria.
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies		De docent geeft begeleiding bij / beoordeling van uitvoeringsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria.
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek	Verslag	De docent geeft beoordeling a.d.h.v. beoordelingscriteria
evaluatie	De klas evalueert één of enkele leerlingonderzoeken aan de hand van een presentatie		De docent leidt de presentatie / De docent beoordeelt de presentatie

Tabel 6.5 - De voorgenomen opzet van ronde 3 op basis van de evaluatie van ronde 2.

Marco kondigt aan het begin van de *gidsles* aan dat slechts 7 van de 13 groepen hun werkblad van te voren hebben ingeleverd. De oorzaak daarvan is niet duidelijk. Marco wijt het aan de klas, die niet alert genoeg reageert op dingen die in de les worden verteld. Aan de andere kant blijkt Marco niet altijd even duidelijk naar de klas wat ze moeten doen, en dat wordt versterkt door het blokkade, waardoor Marco ze maar 1 keer per week ziet. Uiteindelijk blijken nog 5 groepen hun werkblad bij zich te hebben zodat ze ook aan de slag kunnen. Marco legt aan de klas uit dat ze kunnen gaan gidsen. De uitleg die Marco daarvan aan de klas geeft, is niet echt helder. Mede daardoor gaat de klas anders aan het werk dan Marco verwacht. Iedereen gaat meten en lijkt gewoon met het onderzoek aan de slag te gaan. Op zich verloopt de PEO-les rustig. Op het eind van het blokkade geeft Marco duidelijke instructies over het vervolg: over een week het verslag en een week later de presentatie. Hij overweegt om de groep met de onderzoeksvraag: 'Heeft de massa van een voorwerp invloed op de valtijd?' te vragen een presentatie te geven, en als er nog tijd is eventueel de groep met de vraag: 'Heeft het gewicht van een stukje plastic invloed op de tijd waarin het in water naar beneden zakt?'.

Sander heeft de groep met de vraag: 'Is er verband tussen het aantal graden dat de kraan open is gedraaid en de snelheid waarmee het water stroomt?' gevraagd om een *presentatie* te houden. De reden hiervoor is dat deze groep een verrassende vraag heeft en een redelijk goed resultaat heeft behaald. Sander heeft de leerlingen voor hun presentatie een lijst met aandachtspunten gegeven (zie bijlage 6.10). De beide meisjes houden hun verhaal en ondersteunen dat met sheets. Hoewel de aan de leerlingen uitgereikte aandachtspunten wel aanleiding geven om over validiteit en betrouwbaarheid te praten, geeft de coach-onderzoeker na afloop van de les aan dat deze aspecten niet uit de verf komen. De paar vragen die de klas stelt gaan niet in die richting en Sander vraagt daar ook niet op door. Dit punt komt nog terug in de nabespreking.

Tijdens de *presentaties* van Marco komen twee groepen aan bod. De reden voor zijn keuze is dezelfde als die van Sander. De presentatie van de groep is net als hun verslag wat warrig. Een aantal zaken komt niet goed uit de verf, zoals de nauwkeurigheid van hun metingen en de conclusies die ze trekken. Samen met de klas bepaalt Marco het cijfer voor de presentatie op een 7. De tweede groep tekent de grafiek fout waardoor ze foute conclusies trekken. De presentatie van deze groep is beter dan die van de eerste, hoewel de fout in hun (met de computer gemaakte) grafiek – een foute as-indeling – niet door de klas wordt opgemerkt. Deze groep krijgt een 7½.

De aandachtspunten naar aanleiding van de uitvoering samengevat

De coach-onderzoeker heeft gedurende de uitvoering de volgende aandachtspunten geïnventariseerd, die in ieder geval gedurende de nabespreking ter sprake zullen worden gebracht:

- Leerlingen geven aan nog steeds moeite te hebben met het formuleren van een goede onderzoeksvraag. Wat is daaraan te doen?
- Het beoordelingsformulier is door Marco erg laat aangeleverd. Daardoor konden de beoordelingscriteria niet op tijd met de leerlingen worden doorgenomen. De vraag is natuurlijk ook hoe dat het beste kan. Daarmee samen hangt het gebruik van het beoorde-

lingsformulier door de docent: het zou tijdens het hele onderzoek moeten worden ingevuld (Sander) maar dat levert problemen op (Marco).

- Hoe zinvol zijn de richtlijnen die Sander voor de leerlingen heeft bedacht bij het voorbereiden van hun presentatie? Daarmee hangt samen de keuze van de groep die presenteert (groep met een slecht, gemiddeld of goed onderzoek) en de aard en hoeveelheid van de vragen aan de onderzoekers. Verder ook de keuze voor 1 of 2 groepen: hoe bevalt dat?
- De leerlingen blijken aanzienlijk lagere punten voor hun onderzoek te krijgen (Marco heeft nu gemiddeld een 6,5 en in de eerste ronde een 7,2; Sander heeft nu gemiddeld een 6,6 en in de eerste ronde een 7,8). Dit komt door de (nieuwe) beoordelingscriteria. In hoeverre vinden docenten en leerlingen dat een probleem?
- De nieuwe versie van het docentenlogboek blijkt door Sander niet, en door Marco slechts gedeeltelijk te zijn ingevuld. Sander geeft aanvankelijk aan dat hij geen tijd had en het vergeten was, maar uiteindelijk blijkt dat hij er niets in ziet. Waarom ziet hij er niets in en waarom heeft hij dit niet eerder gezegd? Hoe moeten we nu verder met dit logboek?

6.5.3 Nabespreking derde ronde en voorbespreking vierde ronde

Verantwoording van de inhoud- en werkvormkeuze

In deze paragraaf worden de bijeenkomsten B12 t/m B16 besproken. Het zwaartepunt bij deze bijeenkomsten is door de coach-onderzoeker gelegd op feedback en reflectie naar aanleiding van de uitvoering van ronde 3, omdat er wat zaken zijn veranderd. Door de coach-onderzoeker worden de volgende algemene gesprekspunten aangehouden:

- Een globale evaluatie van ronde 3: wat ging er goed en wat ging er mis? Waarom ging het mis? Wat moet worden aangepast en wat niet?
- Hoe staat het met het te ontwikkelen lesmateriaal?
- Hoe staat het in deze fase van de scholing met de opvattingen van de beide docenten over met name het leerlingonderzoek? Vinden ze dat ze veranderd zijn en in welke opzichten?

Gedurende deze algemene gesprekspunten zullen ook de hierboven geformuleerde specifieke aandachtspunten, te weten de problemen rond de onderzoeksvraag, het gebruik van het beoordelingsformulier, de richtlijnen voor de presentatie, de lagere punten, en het falende docentenlogboek, aan de orde worden gesteld.

Bijeenkomst 12

Doel van de bijeenkomst is het reflecteren op de uitvoering van ronde 3, teneinde deze te verbeteren. Aan de orde komt de eerste fase van het leerlingonderzoek: de onderzoeksvraag en het werkplan. Sander komt terug op zijn opmerking tijdens de voorbespreking van ronde 3 over zijn negatieve gevoelens ten aanzien van het formuleren van de onderzoeksvraag:

(B12) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

S: Ja, in die zin dat ik gewoon een heel negatief gevoel had op een gegeven moment. Puur door het formuleren en de ideeën die leerlingen hadden over de onderzoeksvraag. Dat was me zoveel tijd, zo vaak moest het terug. Dat ze daar niet goed over nadachten. En daar heb ik op een gegeven moment echt een negatief gevoel

over gehad. Zo van hé, zo wil ik niet verder. (...) Dat vond ik jammer, want ik vond dit dus één van de hele leuke dingen van mijn vak ook. Hoe ik daar mee bezig ben. Het eigen onderzoek, vooral de les zelf.

T: Dat is dus blijven staan? De les zelf vond je goed gaan?

S: Ja, dat is altijd moeilijk om daar weer op terug te kijken, omdat ik er drie op een dag heb dan hè. (...) Maar het hele gebeuren vind ik schitterend. Dat leerlingen heel enthousiast binnen komen en staan te popelen om te beginnen. Dat ze van te voren al heel moeilijke dingen komen brengen. Dat het pakket van drie meter lengte door papa wordt gebracht en noem maar op. (...) Dat enthousiasme bij leerlingen, dat merk ik dan ook weer terug in de lessen. Dat heeft echt, het heeft een hele grote meerwaarde.

Uit dit fragment blijkt dat de kwaliteit van de onderzoeksvragen en de bespreking ervan met de leerlingen voor Sander een bron is en blijft van negatieve gevoelens. Eerder bleek al meerdere malen dat de leerlingen er ook niet gelukkig mee zijn. Daarentegen: als deze hobbelen genomen is, kent het enthousiasme van leerlingen en docent geen grenzen. Kortom: dit dilemma speelt ook nu weer bij Sander. Marco heeft deze, maar ook andere problemen. Hij merkt van te voren te weinig enthousiasme, en hij wijt dat aan het te eenvoudige natuurkunde-curriculum in de onderbouw⁴¹. Marco vindt dat de leerlingen niet worden uitgedaagd en het idee hebben dat ze niets hoeven te doen om een voldoende te halen. Sander is het wat betreft het curriculum niet met Marco eens. Hij vindt dat je ook binnen het huidige curriculum de leerlingen kunt uitdagen. Marco is wel tevreden over de PEO-les en de presentatie. De discussie over onderzoeksvraag en de bespreking ervan wordt voortgezet. Sander heeft besloten dat hij pas met leerlingen gaat praten als ze de voorkant van het werkblad (onderzoeksvraag & hypothese; wat gaan we meten en waarmee) hebben ingevuld. Hij wil ook de beoordeling voor deze eerste fase (maximaal 3 punten) op het werkblad kunnen aangeven. Hij denkt dat de leerlingen daardoor beter gaan nadenken over de kwaliteit van hun vraag. Zomaar even een vraag 'droppen' is nu niet meer mogelijk. Marco merkt op dat er een hierin een groot verschil tussen de leerlingen is. Sommigen zijn er serieus al lang van te voren mee bezig en anderen zijn laks en zien wel. Op dit punt kaart de coach-onderzoeker opnieuw de mogelijkheid aan om leerlingen een vraag te laten zoeken in een soort ideeënbank. De docenten vinden dat een goed idee voor leerlingen, die helemaal zijn vastgelopen. Ze krijgen dan minder punten voor de creativiteit, alsook wanneer ze met een veel voorkomend idee aan komen zetten. Marco merkt op dat het leerlingonderzoek te los van de gewone natuurkundelessen staat. In de gewone lessen zouden de leerlingen ook gestimuleerd kunnen worden om te zoeken naar ideeën. Zijn voorstel is om in de gewone lessen regelmatig op het leerlingonderzoek terug te komen. De bijeenkomst wordt de volgende keer met hetzelfde onderwerp voortgezet, en daar worden dan ook de beoordeling en percepties van de leerlingen bij betrokken.

Het doel van de bijeenkomst is in die zin gehaald dat voor het knelpunt rond de onderzoeksvraag alternatieven zijn bedacht, zoals een ideeënbank, meer aandacht voor het werkplan, en het beter integreren van het leerlingonderzoek in de gewone lessen.

⁴¹Onder curriculum wordt hier door Marco verstaan het geschreven curriculum op microniveau (het leerboek). Zie ook Kamp (2000).

Bijeenkomst 13

Doel van deze bijeenkomst is het reflecteren op de uitvoering en beoordeling. Daarbij wordt ook de leerlingenquête betrokken (bijlage 6.3). De coach-onderzoeker begint met de opmerking dat drie ronden leerlingonderzoek in klas 3 wel wat veel is. Zijn argument is dat het allemaal qua tijd wat krap is. Marco is het daar wel mee eens.

Door de coach-onderzoeker worden de resultaten van de leerlingenquête ingebracht (bijlage 6.3). Het bedenken van de onderzoeksvraag wordt nog steeds tamelijk moeilijk gevonden. Daaraan is niets veranderd ten opzichte van de eerste ronde. Ze vinden dat ze nu meer commentaar kregen op de onderzoeksvraag, maar dat heeft nauwelijks aanleiding gegeven tot het moeten bedenken van een andere vraag. De groep van Sander vindt dat ze veel hebben geleerd over het stellen van een goede onderzoeksvraag. Voor de groep van Marco geldt dat in veel mindere mate. De groep van Marco geeft überhaupt aan minder geleerd te hebben dan de groep van Sander.

Vervolgens wordt door de coach-onderzoeker de gidsles ter sprake gebracht. Het probleem bij Marco is dat hij een dubbel uur had gekregen voor zijn klas. De meeste leerlingen wisten niet goed wat ze met het gidsen aan moesten en begonnen gewoon met hun onderzoek tot ze vastliepen. Bovendien zat tussen gidsles en uitvoeringsles geen tijd om ingrijpende veranderingen uit te voeren. Ook Sander zat met het probleem dat zijn uitvoeringsles te snel op de gidsles volgde. Desondanks konden toch nog twee groepen van hem van onderzoeksvraag veranderen. De leerlingen vinden het gidsen zinvol tot tamelijk zinvol, zo blijkt uit de enquête. Op basis van de opgedane ervaringen handhaven beide docenten het gidsen voor de resterende onderzoeksronden.

Tot slot komt nog het beoordelen aan bod. Marco heeft moeite met het hanteren van de weegfactor. Sander heeft het beoordelingsformulier gebruikt tijdens het gidsen. Hij vond dat wel lastig, maar schrijft dat toe aan de onwennigheid ervan. Ook blijkt het lastig om bij alle groepen te beoordelen hoe ze met apparatuur en opstelling zijn omgegaan gedurende de uitvoering. Beide docenten vinden dat leerlingen moeten weten waarop ze kunnen scoren en hoeveel punten ze voor de verschillende onderdelen hebben gehaald. Marco heeft enkele voorstellen voor wijzigingen van het beoordelingsformulier. Deze worden de volgende keer besproken.

Het doel van deze bijeenkomst is in die zin gehaald dat op onderdelen verbeteringen zijn aangebracht aan de opzet. Tot grote veranderingen wordt niet besloten.

Bijeenkomst 14

Doel van deze bijeenkomst is het reflecteren op het beoordelingsformulier en de presentaties. De wijzigingsvoorstellen van Marco worden verwerkt. De nieuwe versie van het beoordelingsformulier staat in bijlage 6.11. Allereerst wordt het gebruik van de weegfactor aangekaart door de coach-onderzoeker. Het interpreteren van de weegfactor blijkt het grootste probleem te zijn geweest. Marco heeft als weegfactor vrijwel steeds 1,0 gehanteerd op drie uitzonderingen na. Daar heeft hij een 1,1 toegekend. Zijn argumentatie luidt als volgt:

(B14) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

M: Ik kijk naar wat ik denk wat ze moeten kunnen en wat er staat. Dus dat ... bij goeden moet er toch wel iets meer staan dan het ... veel meer staan dan het gemiddelde, wil ik daar op 1,1 uitkomen.

S Kijk je naar de persoon?

M Ik kijk naar wie het doen Bij zwakkeren denk ik van nou dit is Voor jullie is dit best wel hoog gegrepen en dan wil ik daar ook wel eens 1,1 neerzetten Goeden, die zich er makkelijk van af maken, die halen heel makkelijk 0,9 ja Zo van ja, dat is een standaardmeting denk ik, jullie kunnen meer

T Maar voor jou is dus 0,8 irrelevant Dat komt bij jou niet voor

M Dan moeten ze een flutwerk inleveren, ja

Marco gebruikt dus niet het niveau van het onderzoek als een min of meer objectief gegeven, maar koppelt dat aan degenen die het uitvoeren Een onderzoek van laag niveau, uitgevoerd door minder goede leerlingen, levert in zijn optiek toch een hoge weegfactor op Sander blijkt ook wel naar de persoon te kijken, maar heeft de weegfactor toch zoveel mogelijk toegepast op de manier zoals was afgesproken De coach-onderzoeker merkt met name naar Marco op dat hij zich zoveel mogelijk dient te houden aan de afspraken die gemaakt zijn

De presentatieles wordt door de meeste leerlingen van Sander zinvol gevonden Ook Sander zelf vond het een prima presentatie Hij had de richtlijnen, die hij had opgesteld, aan de groep meegegeven, en had het idee dat ze daar wel iets aan hadden gehad Marco is niet zo tevreden Hij heeft de richtlijnen niet uitgedeeld De coach-onderzoeker geeft als kritiekpunt dat er wellicht met betrekking tot de aspecten validiteit en betrouwbaarheid meer uitgehaald zou kunnen worden Sander vindt dat het voor de leerlingen veilig moet blijven Het geven van kritiek moet worden opgebouwd over de jaren heen Hij vindt dat de eerste keren leerlingen positief moeten worden benaderd De afspraak is om de presentatie in deze vorm gedurende ronde vier en vijf voort te zetten

Bijeenkomst 15

Doel van deze bijeenkomst is het bespreken van het concept-lesmateriaal Dat is op 6 februari 1997 door de coach-onderzoeker voorafgaand aan de laatste twee bijeenkomsten aan de docenten gestuurd (bijlage 6 12) Marco heeft grote behoefte aan – en ziet een belangrijke functie voor – dit lesmateriaal, omdat hij constateert dat ondanks de drie onderzoeksronden de leerlingen nog steeds fouten maken in hun onderzoek Het materiaal heeft volgens Marco een brugfunctie tussen twee rondes 'Dit moet de specie zijn tussen de bouwstenen die zij maken' Het probleem vindt ook Marco nog steeds bij de vraagstellingen liggen Hij constateert daarin geen ontwikkeling Hij vindt evenals Sander dat het lesmateriaal wat algemene richtlijnen moet opleveren die voor de leerlingen kunnen dienen als referentiekader op het moment dat ze vastlopen of fouten maken. Sander zou het lesmateriaal ook willen aanvullen met video-opnamen die door enkele groepjes leerlingen van hun onderzoek zijn gemaakt Deze opnamen bevatten vaak uitstekend discussiemateriaal over zaken waar leerlingen de must in zijn gegaan Zowel Marco als Sander nemen zich voor wat lesmateriaal te gaan uitproberen Marco kiest daarbij voor de discussie over een (slechte) onderzoeksvraag in klas drie na ronde vier Sander gebruikt een videoband van leerlingen over een onderzoek naar het verband tussen snelheid en remweg bij fietsen

Bijeenkomst 16

Door de coach-onderzoeker is als *doel* voor de laatste bijeenkomst na ronde 3 gekozen het inventariseren van de opvattingen van de beide docenten over het leren onderzoeken. De rationale achter deze keuze is dat een tussentijdse peiling van opvattingen wat meer zicht geeft op mogelijke veranderingen daarin en een indicatie geeft voor wat er in de laatste rondes nog zou moeten gebeuren. De bijeenkomst wordt ingeleid met een brief aan de beide docenten. In deze brief wordt hen gevraagd de bijeenkomst schriftelijk voor te bereiden aan de hand van de volgende vragen:

- 1) In hoeverre zijn jullie opvattingen over het doen van leerlingonderzoek in de onderbouw (zowel met betrekking tot doelen als praktische invoering) veranderd? Ga daarbij na wat je opvattingen aan het begin van het scholingstraject waren en hoe je er nu tegenaan kijkt.
- 2) Probeer aan te geven wat leerlingen al kennen en kunnen met betrekking tot leerlingonderzoek op het moment dat ze hun eerste PEO doen.
- 3) Hoe kijken jullie tegen mijn coaching aan? Komt het overeen met je verwachtingen? Wat zou je veranderd willen zien?

De docenten leveren allebei een A4 in met daarop in trefwoorden de antwoorden op de bovenstaande vragen. Deze A4's dienen als basis voor verdere explicitering. Op de eerste vraag antwoordt Sander dat zijn opvattingen over natuurkundeonderwijs zijn voortgekomen uit zijn studie en zijn ervaringen met het PLON. Dit had tot gevolg dat hij op zijn huidige school veel meer aan practicum wilde doen. Hij beoogt een 'practicumlijn' van klas 2 naar klas 6: een programma van samenhangende practicumactiviteiten met een opbouw in vaardigheden, die uiteindelijk moet leiden tot het behalen van de beoogde eindtermen door de leerlingen. Daarin wil Sander meer aandacht voor zelfstandigheid, eigen verantwoording en sociale vaardigheden, wat hij wil bereiken via het doen van onderzoek door leerlingen. Wat betreft de praktische uitvoering noemt hij de behoefte aan ondersteunend theoretisch lesmateriaal. Ook wil hij meer begeleider zijn dan docent, en hecht hij veel waarde aan de presentatie. Hij ziet als ontwikkeling dat er veel dingen zijn uitgekristalliseerd, maar dat er ook weer veel nieuwe vragen en problemen zijn opgeroepen. Wat hij in ieder geval nu van de leerlingen eist is dat ze op zo'n manier onderzoek doen en daar zo over rapporteren dat anderen het kunnen reproduceren. Sander: 'Zo duidelijk heb ik dat nooit echt gesteld' (B16).

Marco antwoordt op deze vraag dat in zijn doelen voor leerlingonderzoek het aanvankelijke 'ideaalbeeld' langzamerhand wordt vervangen door een 'reëel' beeld, cq. 'concreet' beeld. In de discussie licht Marco dat als volgt toe:

(B16) [S = Sander; M = Marco; T = coach-onderzoeker]

M: Ik had voor mezelf opgeschreven: een ideaal beeld wordt langzamerhand vervangen door een concreet of reëel beeld in die zin dat ik dingen ingevuld zie worden. Bij sommige dingen had ik me niets bij voorgesteld. Zo van, ik wil daar naar toe, dat ze dat kunnen en dat heeft nou langzamerhand handen en voeten. Dat vind ik op zich wel aardig.

T: Wat was jouw ideaalbeeld dan? Toen je eraan begon?

M: Dat zij zelf ook hun eigen vragen leren beantwoorden. Dat ze niet alleen het vak volgen en dat ze de deur achter zich dichtdoen, dat het vak over is. Zo van: dat is iets wat je op school doet. Maar dat ze een stuk van de buitenwereld mee naar binnen nemen. Wat wil ik eigenlijk weten, wat zie ik om me heen of zo. Dat ze dat een beetje leren. Dat komt er bij een aantal best wel in. Ze komen met vla en yoghurt en zo. Dan denk ik van

ja, misschien is het onderzoek wel niet best, maar ze proberen in ieder geval een link te leggen tussen wat ze thuis zien en wat ze op school doen.

S: Precies. En als je dat kunt bereiken denk ik dat je heel veel wint.

Marco is niet meer zo stellig in zijn opvatting dat leerlingen eerst een goede vraag en hypothesen moeten kunnen stellen. Marco: 'Als ze dat in de zesde kunnen is het op tijd'. Met betrekking tot de praktische uitvoering antwoordt Marco onder andere, dat hij net als Sander het belangrijk vindt dat leerlingen ook theorie aangereikt krijgen in de vorm van theorielessen (de zogenaamde droog oefenstof). Ook de beoordeling zoals die nu plaatsvindt vindt Marco (evenals Sander) belangrijk. Daardoor krijgen de leerlingen een betere feedback over wat ze fout hebben gedaan.

Wat betreft de tweede vraag vindt Sander dat de leerlingen veel minder kunnen dan bij het eerste PEO van hen wordt geëist: zelfstandigheid, groepswerk, kunnen plannen, etc. Marco geeft aan dat ze met eenvoudige apparatuur kunnen omgaan, en dat ze weten hoe ze een verslag moeten opzetten, dat ze iets weten van de natuurwetenschappelijke methode, en uiteraard over de kennis van de basisschool beschikken. De meesten kunnen goed rekenen en kunnen kritisch naar beweringen kijken. Wel hebben ze de neiging om, doordat het vak nieuw is, alles wat de docent zegt of wat onderzocht is, voor waar aan te nemen.

Wat betreft de coaching (vraag 3) hadden de docenten verwacht dat de coach-onderzoeker eerder met het lesmateriaal was gekomen. Dat zagen ze min of meer als zijn taak. Coach-onderzoeker en docenten zijn het er overigens wel over eens dat het idee van theoretisch lesmateriaal moest groeien tijdens de scholing en dat daar tijd voor nodig was.

Zowel Sander als Marco onderkennen dat het feit dat ze al met leerlingonderzoek bezig waren belemmerend werkte op het praktiseren van nieuwe ideeën. Sander merkt hierover op:

(B16) [S = Sander]

S: Een nadeel is misschien dat wij met PEO bezig waren. Je hebt misschien wel een keer, een aantal keren voorgelegd van is het een idee om met vaste vragen te werken. Nou, dat heb je duidelijk een, twee keer voorgelegd en wij vonden van niet. We hebben onze eigen manier steeds uitgevoerd. Dat vond ik zelf heel belangrijk. Van oké, dat vind ik wel leuk. Prima, geef maar ideeën maar ik sta d'r. Die vrijheid heb ik altijd gevoeld. Dat vind ik voor mezelf erg belangrijk. Voor mij heb je het dus heel goed gedaan. Ik heb bergen informatiemateriaal gekregen waar we allerlei dingetjes uit kunnen pikken. Ik denk dat ook door jouw informatie die je aan ons door hebt gegeven en jouw vragen ... Het leeft! Daar ben ik zelf heel blij mee, want ik vind het nog steeds mooi. En in die zin is dat in het algemeen mijn beeld van jouw coaching. Het is prima voor mij persoonlijk.

De hierboven door Sander geventileerde mening, die overigens door Marco wordt beaamd, zou ondanks de positieve waardering van de coaching wel eens in flinke mate nieuwe ontwikkelingen bij de docenten in de weg gestaan kunnen hebben. De docenten accepteren geen dwang 'van bovenaf', en gaan uit van wat er al is op basis van hun eigen ervaring daarmee. Van de andere kant geeft Sander ook aan dat hij de coaching soms wat te voorzichtig vond.

De docenten merken verder opdat het niet sneller had gekund. Marco typeert het scholingsproces als volgt: 'Het was samen op weg, maar jij [de coach] liep iets voorop'. Wat de docenten ook erg hebben gewaardeerd, is het theoretische materiaal dat ze kregen. Dat heeft

hen geholpen om het onderzoeken transparant te maken, zodat ze er vat op kregen.

Het doel van deze bijeenkomst is grotendeels gehaald. Een reflectie op de uitspraken van de beide docenten vindt plaats in paragraaf 6.5.4.

Opzet vierde ronde

Besloten wordt om niets aan de opzet van de derde ronde te veranderen. Dat betekent dat de opzet van de vierde ronde identiek is aan die van de derde ronde (tabel 6.6). Wel zijn er door de docenten op basis van de evaluatie voornemens gemaakt om de diverse onderdelen van de onderzoeksrunde wat anders te gaan aanpakken. Een voorbeeld is het beoordelingsformulier, dat op onderdelen is aangepast.

6.5.4 Tussenevaluatie

Het doel van de gesprekken in deze ronde was het reflecteren op de uitvoering van de derde ronde leerlingonderzoek en het komen tot verbeteringen van de didactische opzet. Bovendien werd een tussentijdse inventarisatie uitgevoerd t.a.v. de opvattingen van de docenten.

De didactiek van leren onderzoeken

Opvattingen over leren en onderwijzen

Dit onderwerp is in deze ronde niet expliciet aan de orde geweest. We gaan ervan uit dat daarin t.o.v. de eerste ronde weinig in is veranderd.

Doelen en inhouden

In deze ronde is expliciet gevraagd naar de opvattingen van de docenten over leren onderzoeken. De conclusie moet luiden dat we een beter zicht hebben gekregen op de opvattingen van de docenten, maar dat ze daarin niet veel zijn veranderd na drie ronden leerlingonderzoek. De eis m.b.t. kwaliteit wordt door Sander samengevat als: zó onderzoek doen dat de ander het kan reproduceren. Dat stelt wel eisen aan de betrouwbaarheid, maar niet aan de validiteit van het onderzoek. Voor Marco is het nog een stuk vager. Hij eist niet meer direct een goede vraag en onderbouwde hypothese, maar zijn verwachtingen zijn door zijn ervaringen wat realistischer geworden. Verder hechten de docenten aan een goede beoordeling, teneinde de leerlingen een goede feedback te kunnen geven.

De beginsituatie van de leerlingen

In deze ronde is expliciet gevraagd naar de opvattingen van de docenten over beginsituatie van de leerlingen. Sander vindt dat de leerlingen veel minder kunnen dan bij het eerste PEO van hen wordt gevraagd m.b.t. zelfstandigheid en groepswerk. Dit verworven inzicht zou een signaal moeten zijn om de aanvankelijke eisen wat bij te stellen. Marco is wat genuanceerder in zijn antwoord, maar herkent bij de leerlingen ook een bepaalde naïviteit t.a.v. onderzoek doen, iets dat we ook al terugzagen in de literatuur: alles wat is onderzocht is waar.

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en vult deze, met de hypothese, in op het werkblad	Werkblad	De docent geeft schriftelijk commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven en vult de andere onderdelen van het werkblad in	Werkblad	De docent geeft goedkeuring
	De leerling voert eventueel een gidsexperiment uit	Gegevens van het gidsexperiment	De docent geeft begeleiding op o.a. aspecten van validiteit en betrouwbaarheid
	De leerling herformuleert eventueel zijn onderzoeksplan (en eventueel zijn onderzoeksvraag)	Werkblad	De docent geeft goedkeuring / De docent geeft beoordeling van voorbereidingsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies		De docent geeft begeleiding bij / beoordeling van uitvoeringsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek	Verslag	De docent geeft beoordeling a.d.h.v. beoordelingscriteria
evaluatie	De klas evalueert één of enkele leerlingonderzoeken aan de hand van een presentatie		De docent leidt de presentatie / De docent beoordeelt de presentatie

Tabel 6.6 - De voorgenomen opzet van ronde 4 op basis van de evaluatie van ronde 3

Vormgeving

Een hot item tijdens de bijeenkomsten is het bedenken van de onderzoeksvraag geweest. Dit wordt nog steeds moeilijk gevonden, en de docenten hebben daar veel last van. Vooralsnog lijkt er binnen de huidige opzet geen mogelijkheid gevonden te kunnen worden om dit probleem op te lossen. Ze hebben in ieder geval niet geleid tot een andere opbouw, voor zover dat in dit stadium van het leren onderzoeken nog mogelijk is. Bij het formuleren van een onderzoekbare vraag moet o.i. onderscheid worden gemaakt tussen twee zaken: op de eerste

plaats het vinden van een geschikt idee, en op de tweede plaats het omzetten van het idee in een valide vraag. Aan dat laatste kan via geschikt lesmateriaal wellicht wel gewerkt worden. Het eerste probleem is veel moeilijker op te lossen omdat dat te maken heeft met interesse en creativiteit, twee zaken die de docenten niet echt in de hand hebben.

Wat betreft de activiteiten kende ronde 3 wat aanpassingen. Zo was de voorbespreekles vervangen door een gidsles. Het laten vervallen van de voorbespreekles was o.i. geen noodzaak. Wat in deze les gebeurde was, mits goed aangepakt, zinvol. Zaken, die daar aan de orde kwamen zullen nu in de onderhandeling met de leerlingen over hun vraag, of in de gidsles aan de orde moeten komen. Over de aanpak van de gidsles bestaat nog wel verschil van mening tussen de beide docenten. Deze zullen in de komende rondes moeten worden weggewerkt. Wat betreft de begeleiding tijdens de PEO-les zijn geen ontwikkelingen geconstateerd. Indien we als coach-onderzoeker een actievere manier van begeleiden wensen zal daar doelgericht aan moeten worden gewerkt. De richtlijnen voor de presentatie zijn noch tijdens, noch na afloop van ronde 3 geëvalueerd.

Het door de coach-onderzoeker ingebrachte lesmateriaal was bedoeld als een impuls voor verdere ontwikkeling van materiaal door de docenten. Hoewel de behoefte eraan door de docenten luid werd verkondigd werden m.b.t. de ontwikkeling ervan helaas geen initiatieven ontplooid. Door de docenten wordt ook de indruk gewekt dat het lesmateriaal eerder een hulpmiddel is bij het onderzoek, dan een integraal cognitief onderdeel daarvan.

Wijze van evalueren

Het ontwikkelen van een beoordelingsformulier lag in het verlengde van de discussie die gevoerd was na ronde 2, met als doel meer grip te krijgen op het valide en betrouwbaar zijn van leerlingonderzoek door het formuleren van reflectievragen. Een eerste stap werd door ons gezet met het beoordelingsmodel vlak voor de vakantie. Dit model moest als raamwerk dienen voor een beoordelingswijze, waarin ook andere dan alleen inhoudelijke criteria een rol speelden (het niveau van het onderzoek via de weegfactor, en zaken als creativiteit en samenwerking via de bonus). Het voorstel werd door beide docenten aanvankelijk zonder veel kritiek overgenomen, maar beiden bleken later grote moeite te hebben met het toepassen van met name de weegfactor. Wellicht is zo'n weegfactor voor het beoordelen van onderzoek niet zo zinnig. De volgende stap was het ontwikkelen van een beoordelingsformulier op basis van het beoordelingsmodel en de beoordelingscriteria (reflectievragen). In het uiteindelijke beoordelingsformulier kwamen de criteria voor validiteit en betrouwbaarheid herkenbaar terug. Wat betreft de invoering van dit beoordelingsformulier werd opgemerkt dat dit met de leerlingen zou moeten worden doorgenomen. Dat is door kopieerproblemen niet gebeurd. Daardoor werd een kans gemist om de beoordeling naar de leerlingen toe te verantwoorden. Dat de cijfers voor de verslagen op basis van dit nieuwe beoordelingssysteem aanzienlijk lager waren dan in de rondes 1 en 2 leek voor beide docenten geen probleem.⁴²

⁴²In latere rondes vonden beiden de cijfers met deze wijze van beoordelen wat laag uitvallen, en werden de punten wat opgetrokken.

Reflectie op de scholingsdidactiek

In dit deel van de reflectie komt de didactische uitwerking van de scholing aanbod. Verder is de docenten expliciet gevraagd naar een eerste reactie op de coaching. De reflectie op zaken als: opvattingen van coach-onderzoeker over 'goed' onderwijs, en aandacht voor de beginsituatie van de docenten komen in de hoofdstukken 7 en 8 nog aan de orde.

Evaluatie coaching

In de evaluatie van de coaching zien we al wat tendensen in welke richting de opmerkingen van de docenten gaan. Ze geven aan het prettig gevonden te hebben dat de coach zich bij hun opvattingen aansloot, en dat het anders niet gewerkt zou hebben. Sander nuanceert dat enigszins, want hij vindt de coach soms te voorzichtig opereren. De rol van de achtergrondinformatie hebben ze als zeer verhelderend ervaren.

Uit de beschrijving van de gesprekken blijkt meerdere malen dat Marco problemen bij de uitvoering toekent aan zaken buiten hemzelf, zoals omstandigheden op school, leerlingen, organisatie, etc. Deze externe attributie blokkeert in hoge mate de professionele ontwikkeling. De coaching zou erbij gebaat geweest zijn om daar wat meer aandacht aan te schenken.

De vormgeving

De vormgeving is gericht geweest op reflectie op de uitvoering van de derde ronde. Dit was nodig gezien de nieuwe elementen die zijn ingebracht. Het logboek bleek in z'n geheel niet te functioneren. Zo'n middel tot reflectie blijkt niet vanzelfsprekend door docenten als zodanig opgepikt te worden en verdient o.i. een aparte introductie en een training in het gebruik ervan. Besloten wordt om het logboek te schrappen.

6.6 DE VIERDE RONDE LEERLINGONDERZOEK

In deze paragraaf wordt de vierde ronde leerlingonderzoek uitgewerkt. De onderwijspraktijk van de vierde ronde wordt slechts globaal beschreven omdat onderzoekstechnisch is besloten de onderwijspraktijk van de tweede en vierde ronde niet zo uitgebreid te observeren. De beschrijving van de vierde ronde start met een summier overzicht van de uitvoering. De gesprekken B17 en B18 gaan hoofdzakelijk over de evaluatie van de uitvoering.

6.6.1 Uitvoering vierde ronde

De beschrijving van de uitvoering van de vierde ronde begint weer met een beschrijving van het verloop van de gidsles in combinatie met de PEO-les. De onderzoeksvragen die zijn ingediend zijn van te voren in de 'gewone' lessen, maar ook tijdens pauzes met de leerlingen, besproken en goedgekeurd. Vervolgens worden de presentatielessen beschreven en worden weer aandachtspunten voor de nabespreking geformuleerd.

De klas van Sander gaat rustig van start met hun *gidsles*. Sander heeft keelpijn en zegt niet veel. Er is een gevarieerde verzameling vragen bedacht door de leerlingen. Wat opvalt is dat de link met de thuiscontext wat verdwenen is: de meeste proeven zijn gebaseerd op de natuurkundekennis die ze inmiddels in de gewone natuurkundelessen hebben opgedaan. Wat opvalt is het grote aantal experimenten (8 van de 13) over mechanica: de rolwrijving bij een fiets; het verband tussen de valtijd en het oppervlak van een parachute; het verband tussen het gewicht van de lading van een auto en zijn snelheid; drie experimenten met een bal op een helling; een zweefmolen, en vallende voorwerpen in water.

Ook de experimenten in de klas van Marco hebben een hoog mechanicegehalte (10 van de 14): het stuiten van een bal; vallende blaadjes papier; het indeuken van vallende kokers; het optellen van krachten; een ballon in water; een bal op een helling (3x); een waterrad, en het verschil tussen zwaartekracht en opwaartse kracht in water. De lessen van Marco beginnen met een valse start: de TOA heeft zich verslapen. Uiteindelijk arriveert hij toch nog vrij snel in de les. Enkele groepen kennen startproblemen. De groep met de ballon werkt niet erg gemotiveerd en levert uiteindelijk een slecht verslag in (beoordeeld met een 3). Een van de leerlingen is in z'n centje aan een zelfbouw luidspreker bezig. Hij neemt volgens Marco een wat geïsoleerde positie in de klas in.

Sander laat de leerlingen met de onderzoeksvraag: 'Met welke snelheid moet een gewicht draaien aan een zweefmolen, zodat het "touw" waaraan het gewicht hangt een hoek maakt van 45° met de draaiax van de zweefmolen?' een *presentatie* houden. Deze leerlingen hebben een geavanceerde opstelling gemaakt van een model-zweefmolen. Ze geven een goede presentatie. Ze krijgen uiteindelijk voor hun onderzoek (met weegfactor 1,1) een 9⁺.

Marco heeft twee groepen gevraagd om een *presentatie* te geven. De eerste groep heeft als vraag: 'Wat is de invloed van de hoek van de baan op de snelheid van het karretje en wat is de versnelling? Heeft het gewicht van het karretje invloed op de snelheid en de versnelling ervan?'. Met hun meetmethode (de tijdtikkerstrook) is de versnelling niet erg nauwkeurig te meten. De leerlingen maken bij de presentatie gebruik van sheets. Het gaat wat hikkend. De klas stelt niet veel vragen. De beoordeling voor hun presentatie is een 8⁻. De tweede groep heeft als vraag: 'Heeft de snelheid van een straal water invloed op de snelheid van het rad? En heeft het invloed hoe de bakjes hangen?'. Probleem is het valide zijn van de grootte snelheid. Ze geven dat niet goed aan. De klas gaat in ieder geval in op het begrip 'snelheid van het water'. Er zit ook nog een systematische fout in hun metingen die Marco naar voren brengt. Ook zij krijgen voor hun presentatie een 8⁻.

De aandachtspunten naar aanleiding van de uitvoering samengevat

De uitvoering van de vierde ronde verliep niet wezenlijk anders dan die van de derde ronde. Opvallend is de steeds zelfstandiger manier waarop de leerlingen met de praktische uitvoering van hun onderzoek in de PEO-les aan de gang gaan. Ze lijken de docent nauwelijks nodig te hebben. Nu was dat bij Sander ook niet goed mogelijk vanwege zijn keelpijn. De presentatieles biedt nog wel een paar concrete aandachtspunten:

- Wat opvalt is dat de docenten nog steeds erg voorzichtig omgaan met de keuze van de

groepen die presenteren, en met het commentaar dat ze geven. Er zou wat meer systematisch moeten worden gereageerd op validiteit en betrouwbaarheid van het gepresenteerde onderzoek. Het is inhoudelijk wat mager.

- De klas van Marco blijkt moeilijk te motiveren voor een zinvolle bijdrage tot de presentatie. Volgens Marco is dat een specifiek probleem voor die klas. Zie ook de eerdere opmerking over externe attributie.

6.6.2 Nabespreking vierde ronde en voorbespreking vijfde ronde

Verantwoording van de werkvorm- en inhoudkeuze

Voor de bespreking van ronde 4 zijn twee bijeenkomsten gehouden. Tijdens beide bijeenkomsten zijn evaluatiegesprekken gevoerd. Verder is ook ronde 5 voorbereid. Daarbij gaat het om het afsluitende onderzoek voor de leerlingen.

Bijeenkomst 17

Doel van deze bijeenkomst is het evalueren van de vierde ronde. In deze bijeenkomst is alleen Marco aanwezig, omdat Sander ziek is. Met Marco worden een paar specifieke problemen doorgepraat. De coach-onderzoeker stelt om te beginnen het maken van afspraken met de klas aan de orde, omdat niet alleen bij ronde 4, maar ook eerder al is gebleken dat op dit punt de communicatie tussen Marco en zijn klas hapert. Marco geeft toe dat hij daar zelf ook onduidelijk in is geweest, maar legt ook een deel van de verantwoordelijkheid bij de klas.

Wat betreft de onderzoeksvragenfase merkt Marco op dat hij dat grotendeels samen met de leerlingen in de gidsles heeft gedaan. De les met de opdracht over het stellen van een goede onderzoeksvraag ging naar tevredenheid⁴³. Marco vindt dat dit soort zaken eerder had moeten gebeuren. Het is Marco's wens dat ze ook steeds zo kritisch naar hun eigen vraag kijken. Over de manier waarop de leerlingen omgingen met het bedenken van onderzoeksvragen was Marco tevreden, alhoewel hij via een coördinator van het derde leerjaar had gehoord dat er leerlingen bij hem waren gekomen met klachten. Ze hadden geklaagd dat hun vraag werd afgekeurd en dat ze het verder zelf maar moesten uitzoeken. Marco wilde graag weten welke leerlingen dat waren om te kunnen reageren, maar dat werd hem niet gezegd. Over de uitvoering merkt Marco het volgende op:

(B17) [M = Marco]

M: Ik kreeg van twee groepen te horen dat ze de spullen niet op tijd hadden en daarom niet hadden kunnen meten. Die ballonnen. Waarvan ik denk van: ja jongens, jullie willen niks. (...) Dus wat nog bij een paar mensen speelt is van: hoe kan ik met zo weinig mogelijk moeite aan mijn verplichtingen voldoen. Ik vind dat van de 14 groepen of zo er tien wel goed werken overigens. Ook gezien meer duidelijkheid die ik geef. Niet op tijd is gewoon een punt eraf, hoewel ik het een crime vind om dat te moeten zeggen, want eigenlijk geef je toe dat het eigenlijk niet zo goed gaat.

⁴³In deze les moesten de leerlingen commentaar geven op de onderzoeksvraag: 'Hoe groot kan een eik worden?'

Wat betreft het beoordelen heeft Marco elk onderzoek een weegfactor van 1,0 toegekend behalve voor een onderzoek dat hij boven gemiddeld vond. Daar hanteerde hij een weegfactor van 1,1 voor. Marco merkt weer op moeite te hebben met de weegfactor. Hij vindt dat hij 0,9 en 1,1 moet gebruiken als uiterste. Leerlingen die hun best hebben gedaan, mogen ondanks het lage niveau van hem toch een 1,0 halen. Een 0,8 of 0,7 vindt hij een straf die je alleen gebruikt voor mensen die niets uitvreten. Hij vindt zijn cijfers vaak te laag in vergelijking tot de energie die ze erin steken.

Tot slot van het gesprek ontstaat een discussie over de presentatie. Hierover merkt de coach-onderzoeker op dat hij vindt dat er tijdens de presentatie veel te weinig wordt ingegaan op de kwaliteit van het onderzoek: hoe zit het met de te meten grootheden, met de opstelling, met de herhaalbaarheid van de metingen, met de meetfout? De coach-onderzoeker vraagt zich af of dat überhaupt wel haalbaar is op dit niveau. Marco is het wel eens met de opmerking over de feedback op de kwaliteit, maar wijt een en ander ook aan de problemen met zijn communicatie met deze klas. Hij vindt dat hij daardoor naar de klas toe nog niet zo kritisch kan zijn als hij zou willen. Daarvoor is een betere vertrouwensrelatie nodig. De bijeenkomst wordt afgesloten met het maken van afspraken.

Bijeenkomst 18

Doel van deze bijeenkomst is de evaluatie van ronde 4, waarbij de percepties van Sander voorop staan. Wat betreft de gang van zaken rond de onderzoeksvraag merkt Sander op dat dit nog steeds een probleem is. Hij wil duidelijke afspraken over de inleverdata en niet op het laatste moment nog in de pauze even wat commentaar moeten geven. Dat vindt hij puur een kwestie van plannen, en niet van het niet kunnen. Ze moeten er gewoon eerder aan beginnen. Hij geeft ze in de les voldoende tijd om er met hem over te praten. Het bedenken van en commentaar geven op de onderzoeksvraag ging in de meeste gevallen goed dit keer. Sander merkt verder op dat hij in de tweede klas een videoband met een onderzoek van leerlingen over de remweg van een fiets heeft laten zien en de leerlingen gevraagd heeft om te reageren naar aanleiding van aspecten als herhaalbaarheid, betrouwbaarheid. Dat was heel leuk en zinvol volgens Sander. Wat betreft de PEO-les hadden de leerlingen in de pauze al de spullen klaargezet en waren begonnen. Inhoudelijk kan Sander zich niet meer zoveel van de PEO-les herinneren. Wat betreft de beoordeling komt met name de weegfactor aan bod. Hierover merkt Sander het volgende op:

(B18) [S = Sander; T = coach-onderzoeker]

S: Ja, ik kan me herinneren dat ik het heb aangepast, omdat ik te laag uitkwam of omdat ik te hoog uitkwam. Zo van nee, dat klopt niet. Voor je gevoel is het werkstuk een 7 waard en als je dan op een 8 uitkomt, dan ga je toch ... Zo werkt dat. (...)

T: Ja. Ik denk dat je de lijst [beoordelingsformulier] moet zien als een richtlijn. (...) Het is geen scorelijst.

S: Ik vind dat de lijst niet voor mij is. Het is naar de leerlingen toe. Van: hé, kijk eens hoeveel punten je hebt gemist.

Sander heeft gedurende de presentatieles één groep een presentatie laten geven. De 'zweefmolengroep' is daarvoor gevraagd. Ze krijgen daardoor de kans een extra punt te scoren. Ze hebben van te voren niet het vel met richtlijnen gekregen van Sander. Hij vond dat voor deze groep niet zo nodig. Zowel Sander als de coach-onderzoeker vonden de presentatie

geslaagd.

Ook komt nog de nieuwe opzet van de natuurkundelessen in het tweede leerjaar aan bod. Marco schetst hoe hij het liefst de indeling van het tweede leerjaar zou willen zien: hij wil het programma in leerjaar twee geven in blokken van 8 lessen met tussendoor het PEO in twee blokken van 4 lessen. In de gewone lessen kan de theorie over het doen van onderzoek aan bod komen. De bijeenkomst wordt afgesloten met afspraken voor de vijfde ronde. Deze is identiek aan die van ronde vier. Zie tabel 6.7.

6.6.3 Tussenevaluatie

Het doel van de gesprekken in deze ronde was het reflecteren op de uitvoering van de vierde ronde leerlingonderzoek en het komen tot verbeteringen van de didactische opzet.

De didactiek van leren onderzoeken

Opvattingen over leren en onderwijzen

Dit onderwerp is in deze ronde niet expliciet aan de orde geweest. We gaan ervan uit dat daarin t.o.v. de eerste ronde weinig in is veranderd.

Doelen en inhouden

Dit onderwerp is in deze ronde niet expliciet aan de orde geweest. Opmerkingen over de inhoud van de presentatie komen verderop aan de orde.

De beginsituatie van de leerlingen

Dit onderwerp is in deze ronde niet expliciet aan de orde geweest.

Vormgeving

De docenten zeggen inhoudelijk tevreden te zijn over de formulering van de onderzoeksvraag door de leerlingen. Bij Sander is nu het late inleveren van de vraag een probleem. Hij vindt dat een kwestie van plannen. Bij Marco zijn er klachten binnen gekomen van de mentor. De vraag is dan: hoe goed gaat het eigenlijk? Het lijkt er toch op dat de problemen nu eerder liggen bij het vinden van een aansprekend idee dan bij de uiteindelijke formulering.

Het grootste probleem bij de presentatie is nog steeds het vrijblijvende karakter ervan. Er wordt door de docenten te weinig gebruik gemaakt van de gelegenheid om de leerlingen ter verantwoording te roepen voor hun onderzoek. Daardoor is het leereffect t.a.v. de kwaliteit van onderzoek doen te laag.

Wat betreft het lesmateriaal: Marco heeft de onderzoeksvragen-opdracht gebruikt en is daar zeer enthousiast over. Sander is over het gebruik van de video ook tevreden. De vraag blijft: hoe komen we tot meer geschikte opdrachten, en hoe kunnen ze op een natuurlijke manier worden geïntegreerd in het doen van onderzoek?

FASERING	LEERLINGACTIVITEITEN	PRODUCTEN	TAAK DOCENT
voorbereiding	De leerling bedenkt een onderzoeksvraag en vult deze, met de hypothese, in op het werkblad.	Werkblad	De docent geeft schriftelijk commentaar op de onderzoeksvraag volgens impliciete criteria.
	De leerling herformuleert zijn onderzoeksvraag op basis van het commentaar dat de docent heeft gegeven en vult de andere onderdelen van het werkblad in.	Werkblad	De docent geeft goedkeuring
	De leerling voert eventueel een gidsexperiment uit.	Gegevens van het gidsexperiment	De docent geeft begeleiding op o.a. aspecten van validiteit en betrouwbaarheid.
	De leerling herformuleert eventueel zijn onderzoeksplan (en eventueel zijn onderzoeksvraag).	Werkblad	De docent geeft goedkeuring / De docent geeft beoordeling van voorbereidingsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria.
uitvoering	De leerling voert het onderzoek uit, verzamelt en verwerkt gegevens en trekt conclusies		De docent geeft begeleiding bij / beoordeling van uitvoeringsfase a.d.h.v. beoordelingscriteria.
afsluiting	De leerling doet verslag van zijn onderzoek	Verslag	De docent geeft beoordeling a.d.h.v. beoordelingscriteria
evaluatie	De klas evalueert één of enkele leerlingonderzoeken aan de hand van een presentatie		De docent leidt de presentatie / De docent beoordeelt de presentatie

Tabel 6.7 - De opzet van ronde 5.

Wijze van evalueren

In de gesprekken geeft met name Marco aan niet goed overweg te kunnen met de (vrij strikte) beoordelingscriteria. Hij kijkt of het cijfer, dat via de lijst is vastgesteld, overeenkomt met zijn eigen visie daarop. Zo niet, dan stelt hij het bij. Op zich is dat geen probleem. De beoordelingscriteria hebben in ieder geval gefunctioneerd bij het operationaliseren van de kwaliteit van het onderzoek.

Reflectie op de scholingsdidactiek

In dit deel van de reflectie komt de didactische uitwerking van de scholing aanbod. De reflectie op zaken als: opvattingen van coach-onderzoeker over 'goed' onderwijs, en aandacht voor de beginsituatie van de docenten komen in de hoofdstukken 7 en 8 nog aan de orde.

De vormgeving was dit keer weer gericht op een evaluatie van de uitvoering van ronde 5. Terugkijkend op de beide bijeenkomsten moeten we concluderen dat er sprake was van een 'dip' in het coachingsproces. De coach-onderzoeker was niet erg geïnspireerd om de kar te trekken. Dit had zeker te maken met het langzame tempo van ontwikkeling bij de docenten.

6.7 DE VIJFDE RONDE LEERLINGONDERZOEK

Deze vijfde ronde is de laatste, waarin de leerlingen kunnen laten zien wat ze de afgelopen jaren hebben geleerd. Daarnaast is het de laatste mogelijkheid voor de docenten om te laten zien in hoeverre ze zich hebben ontwikkeld. Vandaar dat aan de uitvoering van deze ronde wat uitgebreider aandacht zal worden besteed. De beschrijving van de uitvoering begint met een beschrijving van het verloop van de gidsles in combinatie met de PEO-les. De onderzoeksvragen die zijn ingediend zijn van te voren in de 'gewone' lessen, maar ook tijdens pauzes met de leerlingen, besproken en goedgekeurd. Tot slot worden de presentatielessen beschreven.

De *gidsles* en *PEO-les* van de beide docenten zijn op twee aparte uren gepland. Aan de onderzoeksvragen, maar ook in de gidsles zelf is te zien dat de opstellingen over het algemeen complexer zijn geworden, als we ze vergelijken met de eerste ronden leerlingonderzoek. Bij zo'n complex onderzoek is het gidsexperiment o.i. bijna een must in dit stadium.

Sander begint zijn gidsles met een instructie over de wijze waarop de leerlingen aan de benodigde apparatuur kunnen komen. Er staat een kar met algemene spullen en de specifieke spullen per groep liggen op de werkplek. Karakteristiek voor de gidsles van Sander is dat hij het grootste deel van de tijd bezig is met het sleutelen aan opstellingen, en het regelen van apparatuur en instrumenten. Er zijn weinig vragen over het onderzoeksontwerp. Als voorbereiding op de PEO-les wordt de opstelling getest en enkele metingen verricht. Opvallend is het grote aantal mechanica- en elektromagneet-experimenten.

De PEO-les van Sander verloopt in een goede sfeer. Hij opent de les met complimenten aan die leerlingen die al aan het begin van de pauze in het lokaal waren om hun opstelling te bouwen en metingen te verrichten. Het is niet duidelijk of ze dat uit enthousiasme doen of uit bezorgdheid dat ze niet klaarkomen met hun proef. We hebben de neiging het eerste te veronderstellen. De aard van de begeleiding is in die zin veranderd, dat de leerlingen zo te zien nu veel zelfstandiger bezig zijn en minder hulp vragen. Omdat tijdens de gidsles de meeste apparatuurproblemen zijn verholpen, gaan hulpvragen nu frequenter over zaken rond variabelen, herhaalbaarheid en nauwkeurigheid.

Marco start zijn gidsles met de opmerking dat hij redelijk tevreden is over wat is ingeleverd en geeft nog wat instructies over waar leerlingen de materialen kunnen vinden. Vervolgens gaat hij alle groepen af om de opmerkingen op het werkblad toe te lichten. Daarna helpt hij die groepen, die nog vragen hebben. Opvallend is dat in dit stadium van het onderzoek er bij hem meer discussie is over begrippen, gebruikte opstellingen, problemen met de metingen etc. dan gedurende de eerste rondes. Een karakteristiek voorbeeld is het onderstaande fragment (een dialoog met groep 5M05):

[L = leerling; M = Marco]

L1: Het lukt niet.

L2: Hoe kun je nou met de magneet de sterkte mee meten. Als ik deze hier aanhang staat hij op 0,25.

L1: O ja.

M: Kan ik eens kijken hoe dat ding ... en zo kan ik zien hoe sterk die is natuurlijk.

L2: Maar dan valt hij er heel snel af en dit is zo ...

M: Dat wil dus zeggen, dat je moet zorgen, dat als je dit eraan vast hangt, dat hij goed vast hangt en niet los kan schieten. En vervolgens, als ik deze eronder aanhang, dan kijk ik hoever ik dat ding omlaagtrek en op een bepaalde afstand kan ik kijken hoever dat lukt.

L1: Dat is helemaal niet nauwkeurig. Als je het 10 keer doet, dan heb je elke 10 keer iets anders. Jawel, dat is wel zo want ik heb het de vorige keer ook al geprobeerd, maar dat ging echt heel ...

M: Ik heb het ook wel eens geprobeerd. Ging prima.

L1: Nou, bij mij niet. (...)

L2: Als je hem vastmaakt en je trekt, dan is het gewoon jouw kracht en niet de kracht van de magneet.

M: Daar mag je nog eens over denken. (...)

M: Als ik jullie zo zie, dan wordt het eerst eens meten, hoe je dat in lucht doet en dan in andere stoffen.

Dit fragment laat zien dat hier verschillende aspecten van het onderzoeken samenkomen: vakinhoudelijke aspecten, aspecten rond apparatuur en instrumentarium, en aspecten rond betrouwbaarheid. Dit laatste – de herhaalbaarheid van een meting – wordt in tegenstelling tot de eerste rondes hier wel als probleem gesignaleerd.

Marco besteedt in zijn PEO-les, in tegenstelling tot de gidsles, veel meer tijd aan het oplossen van apparatuurproblemen, ruimteproblemen en problemen met opstellingen dan in de gidsles. Dus in die zin is de gidsles niet zo geslaagd, omdat die bedoeld was om het een en ander uit te proberen waardoor er in de PEO-les goed doorgewerkt zou kunnen worden. De les loopt flink uit en duurt langer dan 1 uur.

Sander laat twee groepen *presenteren*, en geeft 15 minuten per presentatie. Dat blijkt achteraf erg krap. De eerste presentatie is van de groep met de onderzoeksvraag: 'Bestaat er een verband tussen de aanloopafstand die een knikker op de rails heeft + de snelheid die de knikker dan aan het eind maakt en de snelheid van de knikker die de [knikker] op een afstand van 20 cm op verschillende ondergronden maakt?'. De vraagstelling is niet erg helder, en de presentatie is niet erg sterk. Ze weten niet de essentie van het onderzoek te brengen en verliezen zich nog te vaak in onbelangrijke details. De klas stelt niet echt kritische vragen. De tweede groep die presenteert heeft als vraag: 'Wat is het absorptievermogen van verschillende soorten maandverband?' Ook de presentatie van dit onderzoek komt niet echt uit de verf. De klas reageert erg lauw.

De presentatieles van Marco valt enigszins in het water omdat de groepen een en ander slecht hebben voorbereid. De enige groep die presenteert is de groep met de vraag: 'Heeft de

lengte en de breedte van een boot invloed op de vaarsnelheid?’ De presentatie werd uiteindelijk beoordeeld met een 7½.

6.8 CONCLUSIE EN DISCUSSIE

Het doel van de onderwijsfase was om de beoogde ontwikkeling van de beide docenten verder te stimuleren door ze de in de voorbereidingsfase ontworpen didactiek van leren onderzoeken te laten toepassen in hun onderwijs, daarbij gecoacht op de werkplek. De vraag, hoe het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering heeft plaatsgevonden is hierboven uitgebreid beantwoord. Op de onderliggende scholingsdidactiek wordt verderop nog gereflecteerd. We geven allereerst een antwoord op de vraag in welke mate het proces van coaching gedurende de onderwijsuitvoering aan de ontwikkeling van de beide docenten heeft bijgedragen door deze ontwikkeling samen te vatten.

Samenvatting van de ontwikkeling van beide docenten

De samenvatting van de ontwikkeling van de beide docenten is gemaakt aan de hand van de hierboven gegeven tussentijdse evaluaties per ronde leerlingonderzoek.

Opvattingen over leren en onderwijzen

De opvattingen van de beide docenten over leren en onderwijzen zijn gedurende de onderwijsfase niet expliciet aan de orde geweest. Voor zover kan worden geconcludeerd uit observaties bij de uitvoering zijn deze opvattingen, zoals we dat al bij de voorbereiding vermoeden, eigentijds: de docenten stimuleren de leerlingen in het hebben van een zelfstandige werkhouding, laten hen aan het woord en stimuleren de communicatie. Marco’s werkwijze is wat meer ‘top down’, maar hij laat aan de leerlingen zelf over wat ze ervan oppikken.

Doelen en inhouden

De docenten hanteerden in hun praktijk van leren onderzoeken doelen van pedagogische aard. Tijdens de voorbereiding zeggen ze ook validiteit en betrouwbaarheid belangrijk te vinden. Dit brengen ze echter niet voldoende in de praktijk. De reden daarvoor is niet duidelijk. Zeggen ze dit toe om de coach-onderzoeker te plezieren, terwijl ze toch vasthouden aan hun eigen opvattingen? Zijn ze bang dat bij een afwijzing de coach-onderzoeker zijn ondersteuning stopt? Hebben ze nog niet voldoende kennis over dit onderwerp? Of zijn ze (nog) niet in staat dit om te zetten in hun onderwijs? Vanaf ronde 3 is hun kennis over valide en betrouwbaar leerlingonderzoek flink toegenomen. Ze zijn echter, zo blijkt uit de observaties, niet bereid dit ook voor 100 % in hun onderwijs toe te passen.

Beginsituatie van de leerlingen

De beginkennis van de leerlingen m.b.t. het uitvoeren van (valide en betrouwbaar) onderzoek is voor de docenten niet helder geworden. Wel weten ze welke vakkennis en vaardigheden de leerlingen moeten beheersen voor ze onderzoek kunnen gaan doen.

Vormgeving

De docenten starten met de afgesproken opzet: het opstellen van een onderzoeksvraag, het maken van een werkplan, de voorbespreking van de onderzoeksvragen, de uitvoering, en de nabespreking van de onderzoeksvragen. In de loop van de rondes wordt de voorbespreking afgeschaft en vervangen door de gidsles. De nabespreking wordt vervangen door de presentatie. Wat betreft de begeleiding neemt de aandacht voor het valide en betrouwbaar zijn van het leerlingonderzoek wel toe, maar de docenten willen daar de leerlingen niet op afrekenen. Ondanks het feit dat de docenten van de leerlingen signalen krijgen dat ze het stellen van een eigen vraag lastig vinden, en dat het hen frustreert, houden de docenten vast aan hun uitgangspunt van een holistische aanpak. Daardoor is voor zowel de leerlingen als voor de docenten het aspect van validiteit en betrouwbaarheid moeilijk inzichtelijk te maken voor de verschillende onderdelen van het leerlingonderzoek. Wat betreft het lesmateriaal is door de coach-onderzoeker halverwege materiaal ingebracht, waarmee de docenten erg ingenomen bleken te zijn. Het is beperkt uitgetoetst, en met tevredenheid. De docenten kwamen echter zelf niet zover dat ze dit materiaal integreerden in hun onderwijs. Het werd in eerste instantie meer gezien als iets waarmee problemen konden worden opgelost (zoals de opdracht over de onderzoeksvragen, die zou kunnen helpen bij het formuleren van een vraag).

De beoordeling

Nadat tijdens de eerste rondes het verslag werd beoordeeld volgens het natte-vinger-model werd halverwege door de coach-onderzoeker een voorstel gedaan voor een beoordelingsmodel op basis van criteria voor validiteit en betrouwbaarheid, waarbij niet alleen het verslag, maar ook de voorbereiding en uitvoering van het leerlingonderzoek mee werd beoordeeld. Dit is een paar rondes gebruikt, maar in de laatste ronde werd een soort mix van natte-vinger-werk en het beoordelingsmodel toegepast.

Het beantwoorden van de onderzoeksvraag

Op de vraag, in welke mate het proces van coaching gedurende de onderwijsfase aan de beoogde ontwikkeling van de beide docenten bijgedragen, kunnen we antwoorden, dat dit niet in voldoende mate is gelukt. Hoewel hun inzichten in het uitvoeren van onderzoek met kwaliteit flink zijn toegenomen, ze een didactiek kregen aangeboden die erop was gericht deze kwaliteit stapsgewijs te verbeteren, en ze uit de onderwijspraktijk talrijke signalen kregen die wezen in de richting van een andere opbouw van leren onderzoeken, hebben de beide docenten hun algemeen pedagogische doelen niet losgelaten.

Reflectie op de scholingsdidactiek tijdens de onderwijsfase

De vraag die we ons met betrekking tot de vormgeving van het coachingsproces kunnen stellen is: waarom is het niet gelukt om het beoogde doel van de scholing te bereiken? Op deze plaats beperken we ons tot een interne reflectie op de wijze waarop de scholing gedurende de onderwijsfase is vormgegeven. Bij deze interne reflectie wordt gebruik gemaakt van de tussentijdse reflecties op de scholingsdidactiek. In hoofdstuk 8 zullen we reflecteren op het scholingsprogramma als geheel, gerelateerd aan de literatuur.

Laten we eerst constateren dat de situatie bij aanvang van het onderwijs – een holistische opbouw van leren onderzoeken – niet de situatie was, die ons voor ogen stond. We zouden vanuit onze optiek dan ook kunnen spreken van een valse start. In hoofdstuk 5 werd al aangegeven dat het door deze keuze lastig zou worden om de coaching zo in te richten dat een beoogde stapsgewijze ontwikkeling van kennis en vaardigheden bij de docenten zou kunnen plaatsvinden. Of om met Lodewijks (1993) te spreken: de leeromgeving leek onvoldoende krachtig om de beoogde ontwikkeling te stimuleren. Ook de onderwijservaringen zoals opgedaan tijdens de onderwijspraktijk, de gegeven feedback, en de vele momenten van reflectie hebben de docenten er niet toe gebracht een andere opbouw te kiezen.

Kijken we naar de scholingsactiviteiten gedurende de onderwijsperiode, dan waren deze enerzijds gericht op feedback en reflectie m.b.t. het gegeven onderwijs, en anderzijds op verdieping van het centrale concept 'kwaliteit van leerlingonderzoek'. We kunnen hierover opmerken dat over het algemeen de keuze van de activiteiten goed is geweest, maar dat de inhoud en vormgeving in een aantal gevallen te wensen overliet. Zo bleven bijvoorbeeld sommige aspecten te veel aan de oppervlakte (bijvoorbeeld tijdens B2 en B3), werden activiteiten soms niet goed begeleid (bijvoorbeeld de concept map tijdens B5), en bleken de docenten niet altijd competent om bepaalde activiteiten uit te voeren (zoals het invullen van het logboek). Een activiteit als het bespreken van 'kwalitatief slechte' verslagen daarentegen heeft prima gewerkt, en zou eerder en vaker kunnen worden gebruikt. Ook de discussie over beoordelingsnormen heeft een directe relatie met de kwaliteit van onderzoek gehad, en heeft daaraan een positieve bijdrage geleverd. Over de wenselijke coachingsstijl is er een duidelijk verschil in opvatting bij de beide docenten. Terwijl Sander behoefte had aan een wat meer sturende coaching, gaf Marco aan een dergelijke stijl niet te hebben geaccepteerd. De gepraktiseerde stijl is er een geweest die eerder aansloot bij de opvattingen van Marco dan bij die van Sander, en kan worden getypeerd als een stijl die voor het te bereiken doel soms te lief, te weinig confronterend is geweest. Daardoor is het niet gelukt om cruciale keuzes, zoals de opbouw van leren onderzoeken, in de door ons gewenste richting te beïnvloeden. Daarbij is er een nauwe relatie met het begrip 'ownership': in hoeverre hebben de docenten zich de problematiek rond kwaliteit van leerlingonderzoek tot hun eigen probleem gemaakt? Was dat überhaupt bij deze docenten onder deze omstandigheden wel mogelijk? Op deze en ander vragen gaan we in hoofdstuk 8 nog nader in.

Daan (8 jaar) maakt een 'wind' met zijn hand in zijn oksel. Als papa (49 jaar) vraagt hoe dat komt, antwoordt hij: 'De lucht wordt fijn geperst. Je huid is een beetje ribbelig en als je de lucht bij elkaar gepropt hebt en er zit een spleetje in, zoals bij een fluit, en de lucht komt eruit, dan hoor je een scheet.'

7

DE EVALUATIE VAN DE SCHOLING

7.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de evaluatie van de scholing beschreven. Het doel van deze evaluatie is om te beoordelen hoe het scholingsproces is verlopen en welk resultaat de scholing heeft opgeleverd. Kirkpatrick (1987) suggereert scholingseffecten te evalueren op vier niveaus: *reactie* (reaction: how well did the conferees like the program?), *het geleerde* (learning: what principles, facts, and techniques were learned? What attitudes were changed?), *toepassing* (behavior: what changes in job behavior resulted from the program?), en *resultaten* (results: what were the tangible results of the program in terms of reduced cost, improved quality, improved quantity, etc.). Op zich sluiten deze niveaus goed aan bij het schema van gekoppelde leerprocessen zoals beschreven in hoofdstuk 4 (figuur 1) en bij de hierboven geformuleerde doelstelling van de evaluatie, waarbij we de kanttekening plaatsen dat de evaluaties per niveau niet kunnen worden gezien als vier onafhankelijke evaluaties, maar in samenhang moeten worden bekeken.

Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd: in paragraaf 7.2 worden de onderzoeksvragen, de opzet van de evaluatie en de dataverzameling beschreven. In de paragrafen 7.3 t/m 7.6 worden de evaluatiegegevens samengevat en worden conclusies getrokken en kanttekeningen bij deze conclusies geformuleerd. Het hoofdstuk eindigt met een slotbeschouwing, waarin de evaluatie wordt samengevat.

7.2 ONDERZOEKSVRAGEN, OPZET EN DATA

Onderzoeksvragen

Vanuit de doelstelling van de evaluatie zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- III a Hoe hebben de beide docenten het scholingsprogramma gewaardeerd?
- b Wat hebben de beide docenten van de scholing geleerd met betrekking tot het leerling-onderzoek?
- c In hoeverre hebben de beide docenten het geleerde in hun eigen onderwijspraktijk toegepast?
- d Is er verbetering opgetreden in de kwaliteit van het leerlingonderzoek, en in welke mate blijkt dat uit de producten van de leerlingen?

Opzet en data

Om een betrouwbaar beeld te krijgen van de scholingsresultaten wordt gebruik gemaakt van triangulatie. Dat houdt in dat 'een object wordt bestudeerd vanuit diverse invalshoeken, dat de geconstrueerde interpretatie wordt bevestigd vanuit andere perspectieven, andere analyses, en vooral ook door analyses van anderen' (Van de Ven, 1996, p.256). In onze situatie gaat het om data-triangulatie, hetgeen inhoudt dat hetzelfde fenomeen wordt bestudeerd met behulp van verschillende data-verzamelingen. Het fenomeen is hier de scholing. Voor het niveau 'het geleerde' wordt naast de percepties van de docenten mede gebruik gemaakt van de conclusies, zoals die naar aanleiding van de reflecties in de hoofdstukken 5 en 6 zijn getrokken. Voor het niveau 'toepassing' wordt naast de percepties van de docenten mede gebruik gemaakt van de conclusies van de hoofdstukken 5 en 6, en van de percepties van de leerlingen. Tot slot wordt voor het niveau 'resultaten' naast de percepties van de docenten mede gebruik gemaakt van een analyse van de onderzoeksverslagen. Zie voor het overzicht tabel 7.1.

evaluatie-niveaus	percepties docenten	resultaten leer-proces docenten	percepties leerlingen	resultaten leer-proces leerlingen
a) reactie	✓			
b) het geleerde	✓	✓		
c) toepassing	✓	✓	✓	
d) resultaten	✓			✓

Tabel 7.1 - Triangulatieschema voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen bij de verschillende evaluatie-niveaus.

Bij de evaluatie van de scholing m.b.t. de percepties van de docenten is gekozen voor een 'interview guide' benadering (Patton, 1987). Dit houdt in dat het evaluatie-interview wordt

gestuurd door een serie basisvragen, en dat het daarbij mogelijk is naar aanleiding van de gegeven antwoorden door te vragen. De basisvragen (zie bijlage 7.1) zijn ontwikkeld op basis van hetgeen de coach-onderzoeker wil weten over de scholing met betrekking tot de hierboven geformuleerde onderzoeksvragen, en sluiten nauw aan bij de eerder geformuleerde didactische componenten. Op basis van de antwoorden op de vragen kan over een aantal relevante aspecten van de scholing een uitspraak worden gedaan. Deze aspecten zijn per niveau weergegeven in tabel 7.2. Ze komen weer terug bij de conclusies aan het eind van elke paragraaf. Bij het beschrijven van de antwoorden wordt regelmatig verwezen naar de protocollen, die van de op cassetteband opgenomen interviews zijn gemaakt. Gebruikt is de code evaS voor het interview met Sander en evaM voor het interview met Marco. Voor de percepties van de leerlingen is gebruik gemaakt van een vragenlijst (zie bijlage 6.3). Voor de analyse van de onderzoeksverslagen van de leerlingen op de kwaliteit ervan is een scoreformulier ontwikkeld (zie paragraaf 7.6.3). Elke paragraaf sluit af met conclusies t.a.v. de vier hierboven geformuleerde onderzoeksvragen.

a) reactie	b) het geleerde	c) toepassing	d) resultaten
- De vormgeving van de scholing - De coachingsstijl - De zinvolheid van de scholing voor de docenten - De motivatie van de docenten voor de scholing	- Opvattingen over leren en onderwijzen - Doelen en inhouden - De beginsituatie van de leerlingen - De vormgeving van het onderwijs - De wijze van evalueren	- Onderwijsactiviteiten en lesmaterialen - De begeleiding - De beoordeling - De condities op school	- De ontwikkeling bij de leerlingen volgens de docenten - De ontwikkeling bij de leerlingen a d h v hun verslagen

Tabel 7.2 - Overzicht per evaluatieniveau van de aspecten waar uitspraken over worden gedaan

7.3 DE WAARDERING VAN DE SCHOLING

In deze paragraaf wordt een antwoord gegeven op de vraag: 'Hoe hebben de beide docenten het scholingsprogramma gewaardeerd?'. Er worden uitspraken gedaan over de aspecten in de eerste kolom van tabel 7.2 (de nummers verwijzen naar de vragen van het interview):

- De vormgeving van de scholing (vraag 1.1; 1.2; 1.3; 1.7)
- De coachingsstijl (vraag 1.4; 1.7)
- De zinvolheid van de scholing voor de docenten (vraag 1.5; 1.7)
- De motivatie van de docenten voor de scholing (vraag 1.6)

7.3.1 De percepties van de docenten t.a.v. de waardering van de scholing

De vormgeving van de scholing

Sander heeft het meest gehad aan de gesprekken die samen zijn gevoerd. Hij vond het storend dat deze gesprekken vanwege onderwijsverplichtingen vaak moesten worden afgebroken. Verder heeft hij de videofeedback tijdens de uitvoeringsfase zeer gewaardeerd, alsmede het samen bespreken van de leerlingverslagen. Wel had hij veel vaker feedback gewild. Ook is hij erg te spreken over het samen ontwikkelde beoordelingsformulier, met name vanwege de belangrijke functie ervan bij de operationalisering van de kwaliteit van het leerlingonderzoek en het verantwoorden van de beoordeling naar de leerlingen toe. Het samen ontwikkelen en bespreken van lesmateriaal had wat hem betreft eerder en vaker gemogen. Negatief scoorde voor hem het docentenlogboek. Hoewel hij wist dat het nuttig zou zijn voor hemzelf ontbrak de rust om het in te vullen. Bovendien gaat praten hem gemakkelijker af dan schrijven. Het taakuur vond hij aanvankelijk wel stimulerend, maar hij zou ook zonder extra taakuur erg betrokken zijn geweest. Tot slot geeft hij aan dat hij van de coach-onderzoeker wel wat meer kritiek had willen hebben op zijn manier van werken in de lessen. Dat blijkt tijdens de evaluatie met name uit opmerkingen als: 'Je bent altijd erg netjes geweest', en 'Je had bij mij wel wat meer mogen doortrappen' (evaS).

Marco heeft het bekritisieren van de leerlingverslagen op de kwaliteit ervan positief gewaardeerd, alsmede het ontwikkelen van het lesmateriaal, en alle discussies rond gids- en presentatieles. Hij is niet zo positief over de gang van zaken rond het beoordelen van het leerlingonderzoek. Wel positief daaraan vond hij de afspraken over hetgeen moest worden beoordeeld. Naar leerlingen toe kon dan worden aangegeven dat erover was nagedacht. Maar communicatie met de leerlingen over het cijfer heeft hij nauwelijks gehad. Vergeleken met de gegeven cijfers kwam hetgeen hij in zijn hoofd had hoger uit. Het verschil zit volgens hem in het feit dat hij altijd 1 punt vooraf geeft, en dat maakt net het verschil tussen voldoende en onvoldoende. Wat betreft het docentenlogboek geeft Marco aan dat hij dat voor de coach-onderzoeker bijhield. Dat het juist voor hemzelf bedoeld was kwam niet bij hem op. Hij is ook niet zo gewend dingen op te schrijven, en zegt daarover: 'Uiteindelijk gaat het toch over het idee wat je erover hebt in je hoofd, en op welke wijze je ooit eens dingen op een rijtje zet maakt niet zoveel uit. Ik vind een logboek één van de minder aansprekende voor mij.' (evaM). Marco beoordeelt de regelmaat van de scholingsactiviteiten als zeer positief. Met name voor en na de eerste ronde is er volgens hem heel veel opbouwwerk verricht. Positief vond hij ook het boven water krijgen van de standpunten van de diverse deelnemers. Zo van: 'Nou, waar staan we samen? Waar gaan we samen van uit?' Tot ronde vier vond hij de aansturing goed. Hij had het gevoel dat vanaf ronde vier het enigszins in elkaar zakte. Drie ronden in het derde leerjaar was er volgens hem één te veel. Dat kunnen volgens hem ook de leerlingen niet aan. Ze moeten elke keer een 'grote hobbel' nemen en dat vraagt veel van hen. Het taakuur heeft Marco slechts een erkenning gevonden van zijn werk, want zonder taakuur had hij het ook gedaan. Het taakuur heeft wel een externe motivatie gegeven om door te gaan.

De coachingsstijl

Sander typeert de coachingsstijl als prettig en rustig overkomend. Hij had vaak het idee dat de coach-onderzoeker hen een bepaalde kant op wilde hebben, maar dat hij daarin te voorzichtig opereerde en te weinig zijn eigen mening daarover kenbaar maakte. Achteraf gezien had Sander best wel wat varianten willen uitproberen als hem dat was gevraagd. Hij vraagt zich echter wel af of het opleggen van een bepaalde werkwijze bij Marco had gewerkt⁴⁴. De behoefte van Sander aan een duidelijker sturing op vormgeving en inhoud komt in de evaluatie sterk naar voren. Hieronder is een aantal opmerkingen van Sander daarover op een rij gezet:

(evaS) [S = Sander; T = coach-onderzoeker]

- S: Wat vind je er nou van dat ik het niet weet? Hoe jij daar nou precies over denkt? Wat vind je daar nou van?
 (...) Wij spuien, wij doen en jij observeert. Maar wat je er precies uithaalt?
 (...)
- S: Je hebt ook de nodige theorie natuurlijk aangedragen. Maar jouw mening ...
 (...)
- S: Ja, maar dat doornemen is voor mij vaak, in de zin van: 'Waarom doe je dit?' en 'Waarom doe je dat?' en niet zo van 'Ik vraag me af', dus dat woordje 'ik' dan, van: mijn mening daarover is zo.
 (...)
- S: Nee, maar ik vind alleen, ik weet dus niet precies hoe jij erover nadenkt. En dat is mijn vraag aan jou van wat vind jij ervan dat ik dat nou gewoon niet weet hoe jij ertegen ...?

Uit de hierboven geciteerde uitspraken blijkt een soort verontwaardiging van Sander over de houding van de coach-onderzoeker. Later geeft Sander aan dat het wellicht toch een goede manier was om de docenten te stimuleren vanuit hun eigen ervaringen het onderwijs vorm te geven:

(evaS) [S = Sander; T = coach-onderzoeker]

- T: Ik heb niet het gevoel dat het mijn taak was om mijn boodschap daar neer te leggen en jongens, neem er maar uit wat je wilt en dit is mijn mening en hup. Maar meer zo van: jullie hebben bepaalde ideeën, ik ben daar mee bezig en ik geef daar af en toe zo eens mijn mening over. Ik open discussies. (...)
- S: Ik vind dat je het heel goed hebt geleid, al die discussies en die vergaderingen. Echt, heb ik dus echt een goed gevoel over. En dat is ook denk ik het belangrijkste, dat jij ons dingen laat zeggen, in plaats van dat wij dingen na gaan zeggen. In die zin is dat ... prima.
- T: Maar als ik jullie een vraag stel van waarom doe je dat, dan geef ik nog niet mijn eigen mening. Ik laat jullie alleen maar duidelijk maken ...
- S: Je daagt ons uit en dat is prima. Maar zo heb ik het ook allemaal ervaren, dat jij ons probeert gewoon ... dat we het zelf op een gegeven moment leren. Het leren leren. Is eigen onderzoek, he?
- T: Ha, ha. Dubbelslag. Ja, nee. Ik ben blij dat je dat zegt overigens, omdat ik denk namelijk dat ik met jullie moet omgaan zoals jullie met leerlingen moeten omgaan. En als je dus mijn bemoeienissen met jullie niet ervaren hebt als top-down, zoals dat dan heet, dan heb ik het goed gedaan.

Sander ziet een duidelijke rol van de coach-onderzoeker als katalysator van allerlei processen die zich onder invloed van de scholing bij de docenten voltrekken.

⁴⁴Uit de gesprekken blijkt dat Marco dat niet had geaccepteerd.

De mening van Marco over de stijl van werken van de coach-onderzoeker wordt het beste getypeerd door het onderstaande citaat:

(evaM) [M = Marco; T = coach-onderzoeker]

M: Dat jij best wel een aardige onderwijsvisie hebt, maar ja, dat vond ik al lang. En dat je dat rustig kunt overbrengen. Nou ja, goed. Het was een van de redenen vooraf om te zeggen: ja dat zie ik wel zitten, dus...

T: Had je meer van mij verwacht als coach?

M: Nee, nee, ik vind de contacten aangenaam verlopen om het zo maar even te zeggen en jouw inbreng ook. Als kennisbrenger best wel goed. Ik bedoel, als ik die hele stapel zo eens door kijk van wat we allemaal gehad hebben en hoe je de boel hebt proberen lijn te geven, dan denk ik, ja, dat vind ik prima.

T: Had je meer sturing verwacht? Meer leiding? Meer...

N: Volgens mij lijkt je daar een beetje op mij. Ik ben natuurlijk veel minder gestructureerd op sommige punten, denk ik, maar jij bent ook iemand die eerst kijkt van wat wil je. Als je niks wilt dan is het ook goed. Dan zoek het zelf maar uit. Nou goed, dat is een beetje mijn type werk ook. Ja, als ik met mensen samen wat wil gaan doen en ze geven duidelijk te kennen niet te willen. Ja, dan kan ik hoogstens zeggen van: het was toch de afspraak. Zo niet ja, dan stopt het dan weer.

Verder merkt Marco op dat hij een hekel heeft aan een soort legermentaliteit (opdracht is opdracht). Zonder een flinke dosis interne motivatie moet je volgens hem zaken niet aanpakken.

De zinvolheid van de scholing voor de docenten

Sander geeft aan nu veel meer op de betrouwbaarheid van het leerlingonderzoek te letten. In het begin stond hij daar niet zo bij stil. Hij vond het al aardig als ze een leuk luidsprekertje hadden gemaakt van een lucifersdoosje, een stukje papier en een magneetje. Nu accepteert hij dat niet meer, en daar geeft het beoordelingsformulier de leerlingen duidelijke richtlijnen voor. Sander zegt veel geleerd te hebben, maar hij vindt dat er nog te weinig op papier is gezet.

Wat betreft de zinvolheid van de scholing geeft Marco aan dat het wel degelijk geholpen heeft om het onderwijs rond leerlingonderzoek 'zelfs tegen het tij in' verder te brengen. Wat anders verزند zou zijn is nu doorgegaan, en er is ook wat uitgekomen.

De motivatie van de docenten voor de scholing

Sander geeft aan dat hij een bereidheid tot verandering heeft ('Ik ben zo'n type van: ik probeer het wel'), ofschoon hij ook vasthoudt aan bepaalde uitgangspunten, zoals de zelfstandigheid van de leerlingen. Dat beschouwt hij toch als de kern van waaruit hij het leerlingonderzoek op school heeft opgestart. Wat betreft de betrokkenheid geeft hij aan dat die over het algemeen erg hoog is geweest. Hij ontleent zijn motivatie aan de motivatie van de leerlingen, die in de pauze al binnenkomen om met hun onderzoek te beginnen ('Hun motivatie is ook mijn motivatie'). De coach-onderzoeker geeft aan dat hij zich ergerde aan het feit dat Sander wel eens beloften niet nakwam. Sander vindt zichzelf daarin te laks, en vindt dat hij veel vaker afspraken moet noteren. Hij voelt zich niet schuldig, maar heeft er zelf wel last van. De samenwerking met Marco heeft hij heel prettig gevonden, maar ze zagen elkaar veel te weinig. Het rooster op school is zodanig, dat er weinig gemeenschappelijk tussenuren zijn en ze vaak op verschillende locaties lesgeven.

Marco vindt dat er het afgelopen jaar 'heel wat sleet' is gekomen in de inzet van de docenten. Het door de coach-onderzoeker aangedragen lesmateriaal bijvoorbeeld is door de docenten niet opgepikt en uitgewerkt. Marco vindt dat het eigenlijk de taak van Sander was om daarmee aan de slag te gaan, want hij had daar van school een taakuur voor gekregen. Sander zei daarvoor geen tijd te hebben en dat vindt Marco niet terecht. Marco geeft aan wel wat gedaan te hebben met het lesmateriaal en dat zinvol gevonden te hebben. Op de vraag of Marco het ontwikkelen van het lesmateriaal als de taak van de coach-onderzoeker ziet antwoordt Marco dat het een gezamenlijke taak is, waarin de coach-onderzoeker het voortouw heeft, omdat hij toegang heeft tot veel bronnen, en dus wat minder lang hoeft te zoeken. Marco had wel wat meer aandrang van de coach-onderzoeker verwacht, maar denkt dat deze de sfeer wel goed heeft ingeschat. Marco is overwegend positief maar geeft wel aan twijfels te hebben gehad over het uiteindelijk slagen van de scholing: 'Het was iets wat, zeker gezien hoe het dit jaar gegaan is, op een prima vastloper kon uitdraaien om het zo maar eens te noemen.' Wat betreft zijn eigen inzet vindt Marco deze ruim voldoende geweest. Ook zijn inbreng vindt hij voldoende. Als de coach-onderzoeker Marco confronteert met zijn perceptie dat Marco een aantal keren te laat was op bijeenkomsten en soms dingen niet geregeld had verdedigd Marco zich met de opmerking dat hij regelmatig op en neer moest tussen hoofdgebouw en dependance. Marco zegt afspraken in principe altijd na te komen, maar geeft wel toe dat hij ruim de tijd neemt voor leerlingen en docenten die hem in de pauze of tussenuren aanschieten, omdat hij die dingen goed wil doen. Dat het dan wel eens ten koste gaat van de les, daar trekt hij zich in zijn eigen woorden 'geen barst van aan.' Door deze houding zet hij zich enigszins af tegen het hectische bestaan dat elke dag op hem afkomt. Onder druk zetten heeft bij hem geen zin. Marco geeft aan gemotiveerd te zijn geweest om mee te werken aan het opzetten en verbeteren van het leerlingonderzoek in de onderbouw: 'Ik zou nooit iets gaan doen op vrijwillige basis waarvan ik denk van nou het kost wel tijd, maar ik weet niet of ik er wat aan heb. Ik bedoel, zo zit ik gewoon niet in elkaar. (...) Mijn tijd is wat dat betreft heilig. Maar zo gauw als ik vind dat ik iets wil, dan maakt het ook niet meer uit hoeveel tijd je erin stopt, want je wilt wat of je wilt niks.'

7.3.2 Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de waardering van de scholing

De onderstaande conclusies vormen het antwoord op de onderzoeksvraag: 'Hoe hebben de beide docenten het scholingsprogramma gewaardeerd?'.

Conclusies

- De docenten hebben de scholingsactiviteiten over het algemeen als positief ervaren. Dat geldt met name voor het bespreken van leerlingverslagen, de videofeedback, het ontwikkelen en bespreken van lesmateriaal, het ontwikkelen van het beoordelingsformulier, en de discussies rond gids- en presentatieles. Het gebruik van het logboek als middel tot reflectie heeft niet gewerkt.
- De coachingsstijl is ervaren als prettig, rustig, voorzichtig, en niet-sturend. De mate waarin deze stijl wordt gewaardeerd hangt o.i. samen met de leerstijl van de docent.

- Voor beide docenten is de scholing zinvol geweest. Ze hebben deze enerzijds ervaren als competentievergroterend m.b.t. het leren onderzoeken, en anderzijds als ondersteuning bij het overleiden van deze innovatie op school
- De kwaliteit van het leerlingonderzoek was aanvankelijk niet de zorg van de docenten. Hoewel ze zeiden bereid te zijn aan de kwaliteit van het leerlingonderzoek te willen werken is het gedurende de scholing maar in beperkte mate gelukt ze voor dit inhoudelijke aspect te motiveren. Wat betreft hun inzet zijn de docenten tijdens de gesprekken en activiteiten erg meedenkend en actief geweest, maar ontbrak het nog wel eens aan het nakomen van afspraken en het nemen van initiatieven.

Kanttekeningen

- Het bespreken van zogenaamd 'slechte' leerlingverslagen – verslagen met een laag validiteits- en betrouwbaarheidsniveau – is o.i. een activiteit, die met name in het begin van de scholing een belangrijke plaats zal moeten hebben om de problematiek helder te krijgen, en om docenten te motiveren aan dit probleem te gaan werken.
- Dat het logboek geen succes was heeft enerzijds te maken met de docenten zelf (ze namen er niet de rust voor), en anderzijds met het gegeven dat er geen tijd voor uitgetrokken is om de docenten te trainen in het gebruik van een dergelijk middel tot reflectie. Verondersteld werd dat beide docenten daartoe in staat waren, maar deze veronderstelling is onjuist gebleken. We denken wel dat het gebruik van een logboek, mits goed met docenten voorbereid, een belangrijke functie kan hebben in het leerproces van docenten.
- Door de coach-onderzoeker werd gekozen voor een niet-directieve coachingsstijl. Deze manier van coaching is ingegeven door onderzoek, dat laat zien dat top-down benaderingen niet voldoen in situaties als deze. Toch had Sander liever gezien dat de coach-onderzoeker wat duidelijker was geweest over zijn eigen visie op leerlingonderzoek, en wat meer had gestuurd. Marco daarentegen vond de manier van coachen wel goed passen bij zijn eigen leerstijl. Uiteindelijk is er niets opgelegd: het standpunt van de docenten was bepalend voor de keuzes die uiteindelijk werden gemaakt. De pogingen tot motivatie voor andere standpunten zijn steeds ondernomen vanuit de dialoog en vanuit aangeboden activiteiten. Hoewel Sander bij de evaluatie de indruk wekt dat hij zich best wel wat meer bereidwillig had willen opstellen, geven de beide docenten ook voortdurend signalen af dat ze pal achter hun opvattingen blijven staan: de vrije keuze van de onderzoeksvragen.
- Als oorzaak van hun beperkte inzet noemen de docenten tijdgebrek. Door zowel docenten als coach-onderzoeker wordt na de derde ronde een inzinking in de motivatie geconstateerd, die ook heeft doorgewerkt in de vierde ronde.

7.4 HET GELEERDE

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op de vraag: 'Wat hebben de beide docenten van de scholing geleerd met betrekking tot het leerlingonderzoek?'. Er worden uitspraken gedaan over de aspecten in de tweede kolom van tabel 7.2 (de nummers verwijzen naar de vragen van het interview):

- Opvattingen over leren en onderwijzen
- Doelen en inhouden (vraag 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6)
- De beginsituatie van de leerlingen
- De vormgeving (vraag 2.7)
- De wijze van evalueren (vraag 2.2; 2.7)

Als voorbereiding op dit deel van de evaluatie is aan de beide docenten gevraagd op papier te zetten wat ze op dit moment verstaan onder leerlingonderzoek. Dit document heeft deels gediend als leidraad voor de beschrijving van dit onderdeel van de evaluatie.

7.4.1 De percepties van de docenten t.a.v. het geleerde

Opvattingen over leren en onderwijzen

Naar opvattingen over leren en onderwijzen is tijdens de evaluatie niet rechtstreeks gevraagd. Gedurende het scholingstraject is dit onderwerp na ronde 1 aan de orde geweest. De docenten gaven toen aan de zelfstandigheid van de leerlingen te willen bevorderen, en de communicatie met docent en medeleerlingen te stimuleren. Uit de evaluatiegesprekken blijkt indirect, dat de docenten er geen opvattingen op nahouden, die in strijd zijn met de eerder door ons beschreven gematigd constructivistische uitgangspunten van Ogborn (1997). Verder zijn er binnen de scholing geen pogingen ondernomen om hier actief mee bezig te zijn.

Doelen en inhouden

Bij aanvang van de scholing had Sander naar de leerlingen toe zoiets van: 'Verzin maar wat en ga aan de slag'. Als ze dan iets hadden gedaan was het altijd voldoende. Nu stelt hij veel duidelijker eisen, bijvoorbeeld t.a.v. betrouwbaarheid: snapt een medeleerling het onderzoek als hij het verslag leest? Kan hij het controleren? Sander denkt dat er op een paar punten verschillen zijn met Marco. Zo vindt hij de hypothese minder belangrijk dan Marco. Ook ziet hij een verschil met de gidsles. Bij Marco doet iedereen een gidsexperiment, terwijl bij hem dat alleen wordt gedaan door leerlingen, die dat nodig vinden. Verder is het bij hem wat speelser, en mogen ze ook iets ontwerpen, terwijl het bij Marco meer gaat om verbanden meten. Het is naar zijn idee bij Marco meer wetenschappelijk. Sander denkt ook dat hijzelf in vergelijking met Marco eerder een onderzoeksvraag goedkeurt. Over de verschillen in opvattingen met de leerlingen merkt Sander op dat er met hen verschil van mening is over wanneer een onderzoeksvraag goed is. Sander keurt vragen soms helemaal af, en de leerlingen vinden het dan lastig om weer iets nieuws te moeten bedenken. Ze denken ook vaak niet verder dan de vraag zelf. Als ze wat doordachten zouden ze zelf zien dat er problemen met de haalbaarheid van het onderzoek zouden zijn. Leerlingen vinden volgens Sander open onderzoek nuttig: 'Ze geven zelf aan dat ze een hoop leren. En wat ik dan weer belangrijk vind: het enthousiasme. Op wat voor manier ze binnenkomen, met wat voor affiniteit ze aan de slag gaan. (...) Plus de weerslag die je daarna weer hebt in andere lessen. Plus dat ze natuurlijk heel veel leren.'

Over kennis van onderzoek in het algemeen merkt Sander op dat hij geen onderzoekserva-

ring heeft, behalve dan op kleine schaal. Hij had nooit zo nagedacht over zaken als onderzoeksvaardigheden en hij werd voornamelijk gemotiveerd door het enthousiasme van de leerlingen. De beeldvorming over onderzoek is nu echt veranderd bij Sander: 'Van nul tot ...'. Hij leest eerder onderzoeksverslagen in de krant en de vraag over betrouwbaarheid (kan ik het herhalen) komt dan vaak bij hem op. Hebben ze overal aan gedacht? Naar welke variabelen hebben ze gekeken? Belangrijk is volgens Sander de voorbereidende fase. Als die goed is loopt de rest vanzelf.

Op de vraag naar een definitie van leerlingonderzoek antwoordt Sander: 'Probeer een zodanig antwoord op je eigen onderzoeksvraag te vinden, dat medeleerlingen het altijd kunnen controleren.' Sander licht dit als volgt toe: als leerlingen bijvoorbeeld een nieuw begrip introduceren moeten ze dat eerst netjes uitleggen. Verder hoort bij het leerlingonderzoek theorie over onderzoek doen, en het leren van een aantal apparatuurvaardigheden. Hij vindt het overigens moeilijk om het begrip validiteit in de tweede klas uit te leggen. Verder vindt hij dat ze ook moeten kunnen communiceren met anderen over hun onderzoek. Het verantwoorden van de onderzoeksinhoud naar anderen hoort er nu volgens Sander bij.

Marco geeft aan dat zijn opvatting van te voren was: 'Ik vind dat het moet omdat het goed is'. Zijn opvattingen zijn nu veel explicieter geworden. Hij is nu veel minder gefocuseerd op de vraagstelling. Hij vindt dat de docent de leerlingen iedere stap van het uitvoeren van een onderzoek moet leren, want ze kennen nog geen enkele stap. Marco: 'Er zijn er een paar die het vanzelf goed doen, maar er zijn er ook die het vanzelf fout doen en sterker nog, die moet je overtuigen dat het fout is.' Hij vindt het een grote winst dat ze [docenten en coach-onderzoeker] een lijn hebben aangegeven, en de stappen voor het doen van onderzoek hebben vastgelegd, iets wat in geen enkele methode gebeurt. Het is van een vaag naar een concreet idee gegaan. Wat volgens Marco nog moet gebeuren is, dat het op papier wordt gezet. Zijn opvattingen zijn in die zin niet veranderd, dat hij nog steeds vindt dat de leerlingen onder woorden moeten kunnen brengen wat ze willen. Aan het eind van de derde moeten ze een betrouwbaar onderzoek kunnen doen. Hij ziet nu wel wat de haken en ogen zijn en daar kan hij ze op corrigeren. In het curriculum wordt nu structureel leerlingonderzoek opgenomen. Wat in het boek staat is de basis. Vervolgens moet er lesmateriaal worden gemaakt dat aansluit bij de problemen van de leerlingen, bijvoorbeeld: hoe maak je een goede vraag en veronderstelling? De docenten moeten erop letten, dat het onderzoek haalbaar blijft. Over de verschillen met Sander merkt hij op dat Sander wat praktischer van aard is. Toch verschilt datgene wat Sander wil niet zo wezenlijk van wat hij wil. Dat er verschil is, is voor hem duidelijk, maar hij heeft er moeite mee om die verschillen aan te geven. Ze praten daar samen weinig over. Sander is een typische onderbouwleraar, meer gericht op technisch haalbare zaken en minder op wat erachter zit. Het verschil met Sander zit volgens Marco dieper. Marco probeert te laten zien waar de grenzen liggen van de kennis die we hebben. Sander laat vooral zien hoe gemakkelijk het is dat we die kennis hebben, want je kunt er iets mee. Dat is voor Marco het verschil tussen een onderbouw- en een bovenbouwleraar. Over het verschil in opvattingen met de leerlingen over onderzoeken zegt Marco, dat ze daar eigenlijk helemaal geen opvattingen over hebben. Hij vindt het zijn taak om het enthousiasme dat hij daarvoor voelt, op hen over te brengen. Marco: 'Het feit, dat ik vind dat ze onderzoek moeten doen is,

dat ik hoop dat het aansluit bij hun gevoel van “ik wil zelf wel eens uitmaken wat ik leer”.

Marco merkt over zijn kennis over onderzoek doen op dat validiteit en betrouwbaarheid in zijn ogen belangrijke onderzoeksconcepten zijn, maar dat hij daar zelf nog steeds niet de nadruk op heeft liggen. Wat zich vooral bij hem heeft ontwikkeld is dat je wel onderzoek gedaan kunt hebben, maar dat je het ook staande moet kunnen houden als anderen er kritisch naar kijken. Bij de keuzeonderwerpen die Marco uit het boek deed hadden sommige leerlingen prachtig onderzoek gedaan, maar ze hadden compleet verkeerde resultaten eruit. De klas prikte er bij de presentatie niet doorheen, dus dachten ze kennis te hebben, die echter niet waar was. Toen had Marco zoiets van: wat je ook onderzoekt, het moet wel deugdelijk zijn.

Op de vraag naar een definitie van leerlingonderzoek antwoordt Marco: ‘Dat omvat alles wat een leerling wil weten, en wat te onderzoeken – te meten – valt’. Marco vindt het belangrijk dat leerlingen kritisch leren nadenken, maar vraagt zich wel af of dat specifiek bij het vak natuurkunde hoort. De vragen die leerlingen stellen hebben vaak weinig met het vakgebied te maken. Verder moeten ze leren een veronderstelling te maken die te onderzoeken is. De opstelling moet ook zodanig zijn dat deze een valide antwoord geeft op de vraag. Voor leerlingen vindt hij belangrijk dat ze een voor anderen goed leesbaar verslag kunnen schrijven. Dat kunnen ze volgens Marco nog niet. Ook moeten ze in validiteit en betrouwbaarheid een aardig inzicht krijgen en vooral een kritische zin ontwikkelen. Dus geen meetwaarden aanpassen bijvoorbeeld

De beginsituatie van de leerlingen

Dit onderwerp is in de eindevaluatie niet meer aan de orde geweest. Wel kunnen we ons baseren op wat daarover in de tussenevaluatie na ronde 3 is gezegd. De docenten zijn niet op de hoogte van preconcepties van leerlingen over onderzoek. Sander is nogal teleurgesteld over wat de leerlingen in het begin kennen en kunnen. Marco kan aardig onder woorden brengen wat ze van de leerlingen kunnen verwachten: hoewel er grote individuele verschillen zijn kunnen ze goed rekenen, zijn ze al redelijk kritisch naar elkaar toe, maar is hun opvatting naar het doen van onderzoek toe nogal naïef. Beide docenten zijn bereid om voorafgaand aan het doen van onderzoek een aantal basisvaardigheden aan te brengen.

De vormgeving

Bij de didactische structurering maken we onderscheid tussen de onderwijsactiviteiten enerzijds en de didactische opbouw anderzijds. Sander zegt helemaal achter de keuzen te staan die voor de opzet van het curriculum zijn gemaakt. Waar hij op dit moment nog niet tevreden over is, is het ontbreken van lesmateriaal voor het ‘droog oefenen’ van onderzoek. Als voorbeeld noemt hij verslagen waar wat mee aan de hand is. Verder zou hij lesmateriaal willen over herhaalbaarheid van onderzoek. Wat betreft de openheid van de vraagstelling bestaat er een groot verschil met de coach-onderzoeker. In de discussies daarover vindt hij dat de coach-onderzoeker daarin meer een luisteraar is geweest. In de woorden van Sander: ‘Je hebt niet duidelijk neergelegd van: zo denk ik erover. Meer van oké, zij willen die kant op. Dan probeer ik daaromheen een weg te bakenen.’

Over de openheid van de vraagstelling merkt Marco op dat je daarmee de nieuwsgierigheid van de leerlingen levendig houdt. In de woorden van Marco: 'Je moet de nieuwsgierigheid niet in elkaar rammen door klassikaal onderwijs, maar je moet hen steeds nieuwe impulsen geven om nieuwsgierig te blijven.' Over het verschil in opvattingen hierover met de coach-onderzoeker zegt Marco dat hij de leerlingen meer in het diepe wil gooien, en dat de coach-onderzoeker ze stappen wil laten zetten om kennis op te bouwen. Als Marco nu overnieuw moest starten, dan zou hij het zo'n vier keer doen in twee jaar. Hij zou er meer tijd voor vrij maken, met name om er met de leerlingen over te kunnen praten.

De wijze van evalueren

Sander blijft ondanks het ontwikkelde beoordelingsformulier het geven van een cijfer een moeilijk punt vinden. Hij heeft de neiging het nog steeds via de natte-vinger-methode te doen, terwijl hij vindt dat hij daarbij de ontwikkelde 'objectieve' beoordelingscriteria zou moeten gebruiken. Sander beaamt dat door het verdiepen van zijn kennis over het valide en betrouwbaar zijn van onderzoek zijn aandachtspunten veranderd zijn, en dat ziet hij ook terug in de manier waarop hij begeleidt. Het liefst zou hij de leerlingen zichzelf willen laten beoordelen met betrekking tot de mate waarin ze hun onderzoek geslaagd vinden.

Ook Marco heeft zoals eerder vermeld moeite met de beoordeling. Hij is geneigd te kijken naar het verslag en op basis daarvan intuïtief een cijfer te geven. Hij denkt wel dat alle criteria aan bod komen in zijn hoofd, maar het moet natuurlijk wel naar leerlingen te verantwoorden zijn. Hij zou het liefst eerst een punt willen geven en dan pas de lijst invullen. Over de vorm van de scorelijst is hij wel tevreden.

7.4.2 Conclusies en kanttekeningen t.a.v. het geleerde

De onderstaande conclusies vormen het antwoord op de onderzoeksvraag: 'Wat hebben de docenten van de scholing geleerd met betrekking tot het leerlingonderzoek?' In de uitspraken zijn ook de conclusies uit de voorbereiding en coaching verwerkt.

Conclusies

- Hoewel de docenten zich niet bewust zijn van het bestaan van een constructivistische visie op leren en onderwijzen zijn hun opvattingen daar niet mee in strijd.
- Ten aanzien van de doelen van leren onderzoeken zijn er tijdens de scholing geen radicale veranderingen opgetreden. Hoewel kwaliteitsverhoging van het leerlingonderzoek expliciet als onderwijsdoel is ingebracht door de coach-onderzoeker zijn de docenten niet bereid geweest dit centraal te stellen in hun onderwijs. Wel zijn ze in hun doelen een stuk opgeschoven in de richting van het ontwikkelen van een kritische houding bij de leerlingen en het hen laten verantwoorden van wat ze onderzoeksmatig hebben gedaan. Er valt bij de docenten wel een flinke toename in kennis over kwaliteit van onderzoek te constateren. Alhoewel de docenten goed in staat zijn gebleken deze kennis te gebruiken om verslagen van leerlingen op kwaliteit te beoordelen lijkt het erop, dat kennis over met name validiteit

vooral op didactisch niveau nog onvoldoende ontwikkeld is. Dat de docenten niet bereid zijn gebleken de kwaliteit van het leerlingonderzoek centraal te stellen in hun onderwijs, heeft duidelijk invloed gehad op de beoogde didactische opbouw (de toename in openheid), maar ook op de mate waarin ze bereid zijn geweest de leerlingen daar in de begeleiding op aan te spreken. De doelstelling van de scholing is dus niet in voldoende mate bereikt.

- De docenten hebben geen, of slechts een intuïtief beeld van de beginsituatie van de leerlingen. Ze zijn overigens wel bereid daar rekening mee te houden, en de leerlingen op het doen van onderzoek voor te bereiden door ze vooraf te laten oefenen in het werken met een aantal basisinstrumenten.
- De docenten tonen zich redelijk tevreden met de ontwikkelde nieuwe onderwijsactiviteiten en lesmaterialen. Wel geven ze aan behoefte te hebben aan meer theoretisch lesmateriaal over onderzoek doen. Wat betreft de opbouw nemen ze een eensluidend standpunt in: ze prefereren hun eigen holistische aanpak boven de lineaire opzet met een toename in openheid.
- De docenten kijken wat ambivalent aan tegen het beoordelingsformulier. Aan de ene kant stellen ze het op prijs dat er objectieve beoordelingscriteria zijn ontwikkeld, maar aan de andere kant hebben ze er moeite mee deze criteria bij hun beoordeling ook daadwerkelijk toe te passen.

Kanttekeningen

- De docenten gaven aan dat ze het concept validiteit moeilijk aan de leerlingen konden uitleggen. Ze kwamen daarin niet veel verder dan het begrip 'eerlijk vergelijken' zoals dat ook al in de gebruikte natuurkundemethode was behandeld.
- De docenten hebben niet echt moeite gedaan om achter de beginsituatie van de leerlingen te komen, noch door het henzelf te vragen, noch door het collega's te vragen.
- De opbouw van leren onderzoeken is gedurende de gehele scholing een 'hot item' geweest. Omdat op het eind van de voorbereidingsfase bleek dat de docenten niet wilden kiezen voor een lineaire opbouw, is uitgegaan van de bestaande holistische praktijk, en is deze al doende aangevuld met nieuwe onderwijsactiviteiten en materialen, die gericht waren op het verbeteren van de kwaliteit van het leerlingonderzoek. Ook op basis van de ervaringen van de docenten met vijf ronden leerlingonderzoek zagen ze geen aanleiding om een andere opzet te kiezen, hoewel daar alle reden toe was. De docenten gaven namelijk meerdere malen overduidelijke signalen dat het de leerlingen veel moeite kostte om een 'goede' onderzoeksvraag te bedenken, en dat ze – de docenten – dat als negatief percipieerden. Zowel de onderwijsvoorbereiding als de onderwijsuitvoering heeft niet voldoende problematiserend gewerkt om de docenten van opvatting te laten veranderen.
- Het doel van het ontwikkelen van een beoordelingsformulier was om de docenten te laten zien dat het goed mogelijk is om begrippen als validiteit en betrouwbaarheid te operationaliseren. Het moest dus indirect een bijdrage leveren aan het verhelderen van de onderzoekskwaliteit op leerlingniveau.
- Aan het onderwerp 'beoordelen' is relatief veel tijd besteed. Dat is ook een nadeel gebleken, omdat dit onderwerp daardoor te zwaar werd aangezet.

7.5 DE TOEPASSING VAN HET GELEERDE

In deze paragraaf wordt een antwoord gegeven op de vraag: 'In hoeverre hebben de beide docenten het geleerde in hun eigen onderwijspraktijk toegepast?'. Er worden uitspraken gedaan over de aspecten in de derde kolom van tabel 7.2 (de nummers verwijzen naar de vragen van het interview):

- Onderwijsactiviteiten en lesmaterialen (vraag 3.1; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.8, 3.9)
- De begeleiding (vraag 3.1; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.8, 3.9)
- De beoordeling (vraag 3.7; 3.8)
- De condities op school (vraag 3.2; 3.10)

7.5.1 De percepties van de docenten over hun onderwijs

Onderwijsactiviteiten en lesmaterialen/de begeleiding door de docenten

Sander leest de ingeleverde onderzoeksvragen door en probeert te zien waar de leerlingen naar toe willen en welke valkuilen er zijn. Hij probeert ze dan door het stellen van de goede vragen verder te helpen rond zaken als variabelen, wat ga je nou precies meten, enzovoort. Ook verwijst hij naar het leerboek. Wel vindt hij dat hij nog te weinig tijd steekt in het doornemen van de onderzoeksvragen. Hij keurt vragen te snel goed. Hij moet meer rust nemen, en de vragen thuis eens goed bekijken.

Wat betreft het gidsexperiment laat Sander de leerlingen soms al thuis gidsen. Het lukt hem niet altijd om bij een gidsexperiment meteen al te reageren op aspecten van validiteit en betrouwbaarheid. Als hij problemen ziet is hij bereid het mis te laten lopen, omdat dat ook een leermoment voor de leerlingen is.

Bij het begeleiden kan Sander soms door een enkele opmerking leerlingen attent maken op een probleem, maar hij vindt het rondlopen en steeds schakelen erg vermoeiend. Hij vindt dat er eigenlijk te veel groepjes zijn. Zijn voorstel zou zijn om de groepjes eventueel groter te maken. In de beginfase zou je ook met groepen van zes leerlingen kunnen werken.

Voor de presentatie heeft Sander aandachtspunten op papier gezet. Daar is verder niet meer aan gesleuteld. De aanzet is er en deze aandachtspunten zijn volgens hem heel nuttig gebleken. Sander vindt dat er met de presentatie doorgegaan moet worden. Naar mening van de coach-onderzoeker zou er veel meer uit de presentatie te halen zijn. In de trant van: zaag ze maar eens even flink door over de validiteit en betrouwbaarheid van hun onderzoek. Sander wil dat liever in de persoonlijke besprekingen doen. Hij wil leerlingen niet in het publiek af laten gaan. Hij stelt voor om via standaardvragen over de validiteit en betrouwbaarheid leerlingen schriftelijk te laten reflecteren op hun eigen onderzoek.

Wat betreft de nieuwe lesmaterialen vindt Sander het werkblad goed functioneren. Wel wil hij de tekening van de opstelling op de voorkant. Dan is meteen te zien welke kant de leerlingen op willen. Hij vindt een PEO eigenlijk pas goed lopen als de leerlingen één en ander zo hebben voorbereid dat ze zelf van te voren alles op een rijtje hebben. Dat ze weten of het herhaalbaar is, betrouwbaar is. Hij vindt dat hij er te veel tijd in moet steken en dat vindt hij voor één docent bijna onbegonnen werk.

Marco vond de bespreking van de onderzoeksvragen in ronde 2 best goed gaan. De leerlingen waren spontaan. De eerste keer vond hij het teveel eenrichtingsverkeer. Er zat volgens hem een te groot verschil tussen wat hij wilde en wat de leerlingen aankonden. De onderzoeksvragen waren in zijn woorden 'voor sommigen te ver weg.' Ze hadden nog niet de hulpmiddelen om zich bijvoorbeeld af te vragen: hoe maak ik van een vraag een werkzame vraag. De coach-onderzoeker merkt op dat Marco teveel inbreng had, doordat hij van te voren al alles op sheet erbij had gezet. Marco verdedigt zich door op te merken dat hij hun zelfvertrouwen niet wilde ondermijnen. Hij is het er overigens wel mee eens dat deze activiteit is verdwenen.

Wat betreft de gidsles merkt Marco op dat voor de helft van de leerlingen deze term nog niet duidelijk is, in de zin van: kijken of een experiment überhaupt wel kan en zo nodig het een en ander aanpassen. Dat zou eigenlijk voor de leerlingen op papier moeten worden gezet. Marco geeft aan dat het best een keer mis mag gaan. Uiteindelijk leren de leerlingen daar ook van. Marco merkt verder op dat er niet altijd voldoende tijd is om met een groep leerlingen uitgebreid over de haken en ogen van hun opstelling en meetinstrumenten te praten. Ook vindt hij dat je zuinig moet zijn met kritiek. Te veel kritiek 'slaat dood'. Hij vindt dat je op een gegeven moment de dingen maar moet laten zoals ze zijn.

Wat betreft de begeleiding wil Marco best helpen als ze de vraag 'wat ben je eigenlijk aan het doen, wat wil je?' goed kunnen beantwoorden. Kunnen ze dat niet, dan vindt hij dat je niet alles moet gaan vertellen, want dan is het van 'meneer, kunt u even helpen?'. Het moet echt iets zijn van 'ik ben ermee bezig, maar nou zit ik even vast'. De vraag bij de begeleiding moet volgens Marco altijd eerst zijn: 'Waar ben je mee bezig?'. Dan kan de docent zich een beeld vormen en komt hij niet in de war met groepen die ongeveer hetzelfde doen. Marco vindt dat leerlingen best goed kunnen presenteren. Op de vraag of hij het gevoel heeft dat de leerlingen met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid een eigen taal ontwikkeld hebben antwoordt Marco, dat de term 'eerlijk meten' voor hen heel gemakkelijk te begrijpen is, en dat ze daar goed op kunnen reageren. Op de herhaalbaarheid van de metingen hebben de leerlingen nog niet echt zicht en dat hoeft van Marco ook nog niet. Dan moeten zij namelijk snappen wat die ander aan het meten was. Als dat nieuwe stof is, hebben zij daar zo gauw het overzicht niet over. Wat ze wel kunnen zeggen zijn zaken als: 'Nou, als je daar een rechte lijn doorheen tekent, dan ben je toch wel erg optimistisch bezig', of: 'Daar heb je met twee cijfers gemeten en nou ben je met vier cijfers bezig', of zo.

Wat betreft de nieuwe lesmaterialen vindt Marco het werkblad redelijk functioneren. Wel zou hij een tekening van de opstelling op de voorkant willen. Ook zou hij op het werkblad een inleiding willen op het onderzoek en een kritische beschouwing van de leerlingen over bijvoorbeeld de meetnauwkeurigheid. Nu staat er: problemen die we verwachten, en dat klinkt te vrijblijvend.

De coach-onderzoeker brengt de problemen van Marco met zijn klas ter sprake. Volgens Marco heeft dat te maken met het verschil op school tussen wat sommigen willen (nieuwe ontwikkelingen) en wat daadwerkelijk uitgevoerd wordt (ouderwetse praktijk). Ook is hij niet te spreken over de basisvorming. De leerlingen vinden dat ze niks leren, en Marco kan er ook niet mee overweg. Wat betreft de haperende communicatie met de klas vindt Marco dat beide partijen daarin schuld hebben. Hij heeft er in ieder geval van geleerd dat hij in het vervolg duidelijker instructies moet geven. Hij vindt dat hij van zijn fouten moet leren en vindt dat de

klas dat ook moet doen. Wat betreft de leerlingen krijgt hij wel van diverse kanten terug dat ze zich bij alle leraren onzeker en te veel alleen gelaten voelen. Ze vinden dat ze soms teveel zelf moeten uitzoeken.

De beoordeling

Over het beoordelingsformulier is Sander niet tevreden. Hij vindt er teveel punten op staan voor de leerlingen. Hij wil het liefst een formulier aan de leerlingen geven met daarop een aantal standaardvragen over de validiteit en betrouwbaarheid van hun onderzoek. Hij wil dan commentaar kunnen geven op hun antwoorden op deze vragen. Door deze vragen denkt hij de leerlingen te kunnen dwingen tot reflectie op hun eigen onderzoek⁴⁵. Sander vindt wel dat ze in de tweede klas ook een vier moeten kunnen krijgen. Dus niet van: met het PEO kun je mooi je punt ophalen. Als het onderzoek nergens op slaat, krijgen ze een onvoldoende.

Marco merkt over de beoordeling, en speciaal het beoordelingsformulier, het volgende op: 'De sterke kant is gewoon dat je een groot aantal zaken afvinkt, of dat er wel of niet inzit, en dat je dat ook heel snel kunt aangeven. En dat het voor mij best zo mag zijn dat je iedereen een lijstje meegeeft waar dat opstaat, van dat is goed en dat is minder goed en waar je niks van zegt dat zal dus wel normaal zijn. Eh, minder geschikt vind ik gewoon dat je op basis daarvan, alleen op basis daarvan, punten zou geven. Verder kan ik met die [weeg]factor als een soortement diepgang niet uit de voeten.' Hij zou deze diepgang willen toevoegen aan de lijst met beoordelingscriteria en niet per onderdeel punten willen geven. Ook zou het beoordelingsschema met het stijgende niveau aangepast moeten worden. Validiteit en betrouwbaarheid vormen wel de kern van de beoordeling, maar ook andere aspecten tellen mee.

De condities op school

Volgens Sander staat de natuurkundesectie achter de ontwikkelingen rond het leerlingonderzoek. De schoolleiding gedooft het maar is niet echt op de hoogte. Ze werken in ieder geval niet tegen. Het doen van onderzoek door leerlingen wordt niet echt gefaciliteerd door de school. Voor wat extra geld voor natuurkunde hebben ze wel flink wat moeite moeten doen. De TOA is er in de optiek van Sander alleen voor de technische ondersteuning, en niet voor beoordeling van de onderzoeksvraag. Sander is niet zo tevreden over zijn functioneren. Dat ligt wellicht ook aan zijn sociale vaardigheden: hij kan het niet zo goed overbrengen naar de leerlingen.

Marco vindt de school wel positief staan tegenover onderwijsvernieuwing. Een remmende factor is dat de school momenteel hard groeit, en verschillende locaties heeft, wat organisatorisch veel energie kost. Wat de natuurkundesectie betreft, vindt Marco dat de laatste tijd de neuzen niet meer allemaal dezelfde kant op wijzen. Wat betreft de TOA vindt Marco dat hij mee moet denken op het technische vlak: zorgen dat de spullen er zijn, zorgen dat hij een

⁴⁵Dit idee was al eerder door de coach-onderzoeker geopperd, maar dan in de vorm van een logboek voor de leerlingen.

vraagbaak is op het moment dat leerlingen vragen hebben over meters, zorgen dat spullen het ook inderdaad doen. Hij is soms chaotisch, en dat ligt ook aan de werkomstandigheden: hij heeft een heel druk rooster. En als er wat ruimte is doet hij eerst zijn hobby's. Maar hij kan het volgens Marco voldoende.

7.5.2 Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de toepassing van het geleerde

De onderstaande conclusies vormen het antwoord op de onderzoeksvraag: 'In hoeverre hebben de beide docenten het geleerde in hun eigen onderwijspraktijk toegepast?' In de conclusies is ook de perceptie van de leerlingen en de resultaten van voorbereiding en coaching verwerkt.

Conclusies

- De nieuwe onderwijsactiviteiten zijn door de docenten niet zo toegepast, dat de concepten validiteit en betrouwbaarheid optimaal aan bod komen. Van het nieuw ontwikkelde lesmateriaal scoort het werkblad het beste.
- De begeleiding van het leerlingonderzoek door beide docenten is vrij passief geweest en vooral gericht op het oplossen van materiële problemen. De docenten verwachten van de leerlingen dat ze in toenemende mate zelfstandig bezig zijn en zelf initiatieven nemen.
- De docenten hebben er moeite mee de criteria bij de beoordeling strikt toe te passen. Ze hebben de neiging weer terug te vallen op hun intuïtieve wijze van beoordelen. Zie ook paragraaf 7.4.2.
- Wat betreft de steun van de natuurkundesectie ervaren de docenten deze als positief. Over de steun van de school is de perceptie neutraal tot licht positief. De bijdrage van de TOA vinden beiden enigszins problematisch.

Kanttekeningen

- De lessen voor het bespreken van de onderzoeksvragen zijn in de ogen van de docenten niet zinvol. Volgens met name Sander kunnen de leerlingen dit niet aan. Ze moeten voortdurend schakelen tussen de verschillende vragen en er is geen tijd om zaken te laten bezinken. Na de twee eerste ronden zijn deze lessen dan ook geschrapt. Onze mening is dat dergelijke lessen, mits goed aangepakt, zinvol kunnen zijn, zeker in de situatie waarin er voor een opbouw in openheid is gekozen. De hele klas is dan bezig met hetzelfde onderzoek, waarvan één aspect over kwaliteit wordt besproken.
- Wat betreft het gidsen was bij ronde 5 nog niet duidelijk wat daarmee precies werd beoogd. Het aantal leerlingen dat een gidsexperiment deed nam overigens toe van 50 % in ronde 3 tot bijna 90 % in ronde 5. Het overgrote deel van de leerlingen vond het gidsen 'zinvol'.
- Wat betreft de presentatie was het doel van de docenten eerder de leerlingen te leren presenteren dan de presentatie gebruiken om feedback te geven op de kwaliteit van hun onderzoek. Ze waren ook niet bereid echt kritisch naar leerlingen te zijn, omdat ze hen niet af wilden laten gaan voor de klas. Naar onze mening had daar zeker meer leerrendement

uitgehaald kunnen worden. Opvallend is dat de leerlingen van Sander aanzienlijk positiever zijn over de presentatie: zo'n 90 % vindt het 'zinvol' tot 'tamelijk zinvol', terwijl minder dan 30% van de leerlingen van Marco het 'zinvol' tot 'tamelijk zinvol' vindt. Het verschil is te verklaren uit het feit dat enkele presentaties bij Marco door onduidelijke afspraken de mist in gingen.

- Het werkblad als ondersteuning bij het voorbereiden van het onderzoek heeft goed gefunctioneerd. Het 'droogdoeken' lesmateriaal is slechts mondjesmaat en in een veel te laat stadium gebruikt. Over datgene wat werd gebruikt waren de docenten erg tevreden. Vandaar hun behoefte aan meer.
- Beide docenten geven aan dat er eigenlijk teveel groepen zijn om uitgebreid met leerlingen over hun onderzoek te praten. Materiële problemen moeten het eerst worden opgelost, en dan pas komen de docenten toe aan inhoudelijke gesprekken met de leerlingen. Een oplossing zou kunnen zijn de groepen groter te maken. Een opbouw in openheid zou o.i. dit probleem ook kunnen oplossen: zeker in de eerste rondes zullen er nauwelijks apparaatproblemen zijn, en de docent kan zich in de begeleiding dan concentreren op het kwaliteitsaspect dat in een bepaalde ronde aan de orde is. De leerlingen geven aan weinig hulp te hebben gevraagd, en zeggen ook tamelijk weinig aan die hulp te hebben gehad.
- Beide docenten geven aan het lastig te vinden om alleen op basis van de beoordelingscriteria een cijfer te geven. Het beoordelingsformulier als afvinklijst wordt wel nuttig gevonden door Marco, maar hij vindt dat er nog veel meer is dat bij de beoordeling moet worden betrokken. Sander zou het liefst de leerlingen zelf hun werk willen laten beoordelen aan de hand van een serie vragen. De leerlingen zelf zijn tevredener over hun cijfer naarmate dat hoger is. Zo neemt hun ontevredenheid over het cijfer toe in ronde 3, waar de cijfers gemiddeld 1,0 punt lager liggen dan in de rondes 1 en 2. Verder geven met name de leerlingen van Marco aan dat het voor hen niet zo duidelijk is waarom ze dat cijfer kregen. In die zin is het doel van het beoordelingsformulier (het geven van duidelijkheid aan de leerlingen) niet gehaald. Dat ligt met name aan de terugkoppeling van de beoordeling naar de leerlingen toe, die nauwelijks heeft plaatsgevonden.

7.6 RESULTATEN

7.6.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt de vraag: 'Is er verbetering opgetreden in de kwaliteit van het leerlingonderzoek, en in welke mate blijkt dat uit de producten van de leerlingen?' beantwoord. Er worden uitspraken gedaan over de aspecten in de vierde kolom van tabel 7.2 (de nummers verwijzen naar de vragen van het interview):

- De ontwikkeling bij de leerlingen volgens de docenten (vraag 4.1; 4.2; 4.3)
- De ontwikkeling bij de leerlingen a.d.h.v. hun verslagen

In de eerste paragraaf zijn de percepties van de docenten verwerkt. In de tweede paragraaf wordt het onderwijsresultaat beschreven a.d.h.v. van een analyse van de leerlingverslagen.

7.6.2 De percepties van de docenten t.a.v. de ontwikkeling bij de leerlingen

De ontwikkeling bij de leerlingen

Op de vraag hoe de leerlingen op dit moment (eind derde klas) het leerlingonderzoek uitvoeren antwoordt Sander, dat hij dat zeer divers vindt. Over sommige groepen is hij over alle aspecten zeer tevreden. Toch zijn er ook groepen die voor de veilige weg kiezen en maar wat uit het leerboek pakken, omdat ze een onderzoek moeten doen. Ze denken daar niet zo bij na. Dat ze er helemaal niets van maken komt eigenlijk niet voor, ook al kiezen ze hun eigen vraag. Wel maken ze natuurlijk fouten. Soms valt het hem wel tegen wat leerlingen presteren, maar dat heeft ook te maken met hun desinteresse. Leerlingen die het vak laten vallen zijn niet meer zo gemotiveerd. Toch zijn er leerlingen die er heel goed mee bezig zijn en er veel tijd in steken. De ongemotiveerde leerlingen zijn wellicht nog te motiveren met het toekennen van een lage weegfactor, maar als ze daarvoor kiezen valt er weinig aan te doen.

Op de vraag hoe Sander vindt dat de leerlingen omgaan met de begrippen validiteit en betrouwbaarheid antwoordt hij: 'Ik zie wel een ontwikkeling, en zonder meer ook door de presentatie, denk ik. Dat ze bepaalde dingen die klassikaal worden besproken meenemen. Maar het is voor de leerlingen niet duidelijk vanaf de eerste ronde, dat we daar naar keken. (...) Moet je dus een soort definitie zien te krijgen. De standaardvragen waar we gister over hebben gesproken... En ook weer op het eind, dat stukje reflectie. Dus veel meer laten reflecteren, echt zo van te voren aangeven: "Oké, kijk er maar naar".' Sander vindt het dus van belang dat de aspecten validiteit en betrouwbaarheid eerder en beter naar leerlingen toe moeten worden geëxpliciteerd. Dat is gedurende het curriculum te laat en te vaag gebeurd.

Sander vindt het moeilijk een soort ondergrens (of startniveau) voor het doen van onderzoek aan te geven. Op het eind van de derde klas moet een leerling in staat zijn zodanig verslag te doen van zijn onderzoek dat een andere leerling het kan nadoen. Ze moeten naar eigen en ander onderzoek toe een kritische houding hebben. Dus bijvoorbeeld in de gaten hebben dat het veranderen van een variabele ook invloed kan hebben op andere variabelen.

Ook Marco geeft aan wisselend tevreden te zijn over de prestaties van de leerlingen. Hij vindt de werkwijze wel goed – een aantal leerlingen is flink vooruit gegaan – maar vindt dat zijn sturing niet voldoende is geweest. Hij had vooral op het eind van de tweede het idee dat ze vonden dat ze hem niet nodig hadden, en daar liet hij het bij. Daardoor was de communicatie met juist de zwakkere leerlingen niet goed genoeg, waardoor ze te weinig oppikten. Deze wat negatieve instelling van de leerlingen blijkt overigens niet door te werken in hun percepties over het doen van onderzoek: in gesprekken die Marco met ze heeft gevoerd, blijken ze lang niet zo negatief als hij had verwacht. De leerlingen blijken het doen van onderzoek als moeilijk, maar wel leuk ervaren te hebben. Wat eventuele verwachtingen betreft: die had Marco niet op een rijtje staan. Hij had zoiets van: als zij er maar tevreden mee zijn.

Op de vraag wat Marco vindt over de manier waarop de leerlingen nu omgaan met validiteit en betrouwbaarheid antwoordt hij dat zijn cijfers dat weerspiegelen, en dat het dus gezien die cijfers heel sterk wisselt. Wat leerlingen volgens hem nog steeds niet goed kunnen, is het zich realiseren of ze een conclusie mogen trekken op basis van de metingen die ze hebben. Een aantal denkt daar niet over na, omdat dat hen teveel moeite kost. Dat geldt met name voor

die leerlingen die het vak volgend jaar laten vallen. Dat reflectievermogen is bij sommige leerlingen veel sterker ontwikkeld dan bij anderen.

Marco ziet toch ook een aantal zaken die ze hebben geleerd. Ze kunnen heel aardig een verslag maken, dat gaat een stuk beter. Ze zetten het gestructureerd op. Ook blijkt dat ze in het maken van vragen en veronderstellingen vooruit zijn gegaan. Dat is volgens Marco mede te danken aan de hele opzet van het curriculum. Ze zitten niet meer zo snel met hun handen in het haar. Een groepje dat vorige keer geen vraag kon, verzinnen komt nu met een aardige vraag. Nog wel niet perfect, maar toch een vraag waar ze iets mee kunnen. Bij het maken van de opstelling ziet Marco een duidelijke splitsing optreden in leerlingen die een opstelling maken waar van alles uit kan komen, en leerlingen die wel een goede opstelling maken. Een aantal kan dus in die zin nog niet echt kritisch kijken.

Voor Marco geldt dat hij bij het bereiken van zijn doelen wil dat de leerlingen het naar hun zin hebben, maar ook dat elke leerling zijn niveau moet kunnen halen. Hij is het met de uitgangspunten van het leerlingonderzoek eens, maar had een foute vooronderstelling over het niveau van de leerstof bij de leerlingen. Hij vindt dit te laag tengevolge van de basisvorming. In een discussie over het al dan niet laten kiezen van de onderzoeksvraag blijkt dat Marco de creativiteit van de leerlingen zeer belangrijk vindt, het zelf leren nadenken. Hij zou nog een tijd willen doorgaan met vanaf het begin open werken, tot hij ervan overtuigd is dat meer sturen toch beter is. Tot nu toe vindt hij de manier van werken best lonend.

7.6.3 Analyse van de leerlingverslagen

De scholing van de beide docenten is gericht geweest op het verbeteren van de kwaliteit van het leerlingonderzoek. De vraag, zoals die in de evaluatie is gesteld – is er een verbetering opgetreden in de kwaliteit van het leerlingonderzoek? – kunnen we natuurlijk ook beantwoorden door te kijken of we de ontwikkeling in de kwaliteit van het leerlingonderzoek over een periode van twee jaar kunnen meten. Mogelijke bronnen hiervoor zijn: observaties bij het uitvoeren van het onderzoek, interviews met de leerlingen, en hun producten (vgl. Gott & Duggan, 1995: p.122). Hoewel het onderzoek niet direct gericht was op het meten van de leerlingresultaten hebben we wel de beschikking over de verslagen van de leerlingen. In deze paragraaf gaan we na in hoeverre zo'n verslag een betrouwbare bron vormt. Als dit zo mocht zijn, hebben we de beschikking over een relatief eenvoudige manier om het beoogde effect van het gegeven onderwijs te onderzoeken.

Methodiek en instrumenten

Om de ontwikkeling in de kwaliteit van de verslagen te kunnen beoordelen is de volgende procedure gevolgd. Van de eerste, derde en vijfde ronde zijn per klas vijf verslagen random geselecteerd. Dit is per ronde zo'n 40 tot 50 % van de gemaakte verslagen. Dit leverde in totaal dertig te beoordelen verslagen op over drie ronden onderzoek. Een eerste globale inspectie gaf de indruk dat de kwaliteit van het onderzoek in de eerste ronde niet zo veel verschilt van die in latere ronden: over het algemeen wordt hier voldoende op gescoord, met dien verstande dat er in de eerste ronden aspecten zijn, die nauwelijks aan bod komen. Om

deze eerste indruk al dan niet bevestigd te krijgen is een scorelijst ontwikkeld om de kwaliteit van de verslagen kwantitatief vast te leggen. Bij het construeren van deze scorelijst is uitgegaan van de eerder ontwikkelde lijst met 'criteria voor validiteit en betrouwbaarheid' (zie bijlage 6.6). Op basis van deze lijst is een eerste versie ontwikkeld. Deze is door een viertal docenten uitgetest op een aantal verslagen. Op basis van die ervaringen is de scorelijst omgewerkt naar de uiteindelijke vorm van tabel 7.3. Met deze lijst zijn de geselecteerde verslagen opnieuw beoordeeld op kwaliteit. In het geval er onderdelen van de scorelijst niet van toepassing waren zijn deze niet meegeteld.

Voorbereiden				
1 Is de onderzoeksvraag duidelijk gesteld?	1	2	3	4
2 Zijn de relevante begrippen gedefinieerd?	1	2	3	4
3 Zijn variabelen of condities gecontroleerd (eerlijke test)?	1	2	3	4
Metten				
4 Zijn geschikte instrumenten, apparaten en opstellingen voor de metingen gekozen?	1	2	3	4
5 Zijn meetseries (waarden en intervalgrootten) verstandig gekozen in het licht van de vraagstelling?	1	2	3	4
6 Zijn de metingen herhaald, en is een meetfout opgegeven?	1	2	3	4
7 Zijn de opgegeven meetwaarden geloofwaardig?	1	2	3	4
Verwerken				
8 Zijn de gegevens correct verzameld en uitgewerkt (in geschikte tabellen en grafieken)?	1	2	3	4
9 Is er een valide conclusie getrokken?	1	2	3	4
Evalueren				
10 Is er een evaluatie uitgevoerd met betrekking tot validiteit en betrouwbaarheid van het gehele onderzoek?	1	2	3	4

Tabel 7.3 - Scorelijst voor de kwaliteit van het onderzoek. Hierin is 1 = niet tot zeer onvoldoende; 2 = onvoldoende; 3 = voldoende; 4 = goed.

Resultaten

In tabel 7.4 is weergegeven wat de behaalde scores zijn op de verschillende criteria, onderverdeeld naar ronde. Ook is de gemiddelde eindscore (op een schaal van 1 tot 4) vermeld, met de standaarddeviatie. We zien het volgende:

- Op de criteria 6 (over het vermelden van meetfouten) en 10 (over het evalueren van het onderzoek op validiteit en betrouwbaarheid) wordt gedurende alle ronden laag gescoord.
- Op de andere criteria wordt gemiddeld vanaf het begin meer dan voldoende gescoord en deze score blijft over alle ronden redelijk constant.

criterium- nummer	Ronde 1			Ronde 3			Ron- de 5		
	gem.	SD	N	gem.	SD	N	gem.	SD	N
1	3,1	0,7	10	3,4	0,8	10	3,2	0,7	10
2	3,4	0,5	10	3,7	0,6	10	3,5	0,5	10
3	2,6	0,5	10	3,4	0,5	10	3,4	1,0	10
4	2,8	0,9	10	3,7	0,6	10	3,5	0,6	10
5	3,9	0,3	10	3,6	0,7	10	3,7	0,6	10
6	1,2	0,4	10	1,9	0,6	10	1,6	0,6	10
7	3,5	0,5	10	3,7	0,6	10	3,6	0,5	10
8	2,6	0,5	10	3,2	0,7	10	3,5	0,6	10
9	3,2	0,9	10	3,2	0,9	10	2,9	0,9	10
10	2,0	0,9	10	1,8	0,7	10	2,1	0,7	10
gemiddelde	2,8	1,0	10	3,2	1,0	10	3,1	1,0	10

Tabel 7.4 - Een score-overzicht van de leerlingverslagen.

7.6.4 Conclusies en kanttekeningen t.a.v. de resultaten bij de leerlingen

De onderstaande conclusies vormen het antwoord op de onderzoeksvraag: 'Is er verbetering opgetreden in de kwaliteit van het onderzoek, en in welke mate blijkt dat uit de leerlingproducten?'

Conclusies

- De docenten zien ondanks grote verschillen in ontwikkeling tussen de individuele leerling- en toch een duidelijke vooruitgang bij de leerlingen. Wel hadden de begrippen validiteit en betrouwbaarheid eerder en duidelijker naar de leerlingen toe moeten worden gecommuniceerd.
- De analyse van de verslagen laat zien dat de leerlingen vanaf het begin gemiddeld voldoende scores t.a.v. de kwaliteit van hun onderzoek, en deze score blijft over alle ronden redelijk constant.

Kanttekeningen

- Beide docenten vinden dat een aantal leerlingen flink is vooruit gegaan. Sander vindt dat een aantal leerlingen een eigen vraag durft te formuleren, en dat ze daar een goed onderzoek aan vastknopen. Andere kiezen voor een wat veiliger weg door iets uit het boek te pakken. Marco ziet vooruitgang in het maken van een verslag, en het stellen van een vraag met hypothese. De leerlingen zitten niet zo snel meer met de handen in het haar. Het kritisch leren kijken is bij een aantal leerlingen nog niet voldoende gelukt. Marco benadrukt nog eens dat hij erg hecht aan de eigen creativiteit van de leerlingen, en op basis van zijn ervaringen nog steeds kiest voor openheid vanaf het begin.
- Het merendeel van de leerlingen, zo blijkt uit de leerlingenquête, is tevreden tot redelijk tevreden over het resultaat van hun onderzoek. Het plezier in het onderzoek is in de eerste ronde het grootst (ruim 90% scoort 'leuk' tot 'tamelijk leuk' voor beide klassen). Dit neemt naar ronde 5 af tot ongeveer 60%. Voor de klassen van Sander is het onderzoek voor driekwart van de klas over alle ronden zinvol tot tamelijk zinvol. De klassen van Marco zijn wat negatiever: bij ronde 1 scoort ongeveer 70% 'zinvol' tot 'tamelijk zinvol'. Dat neemt af tot minder dan 50% bij ronde 3 en 5.
- Op het eerste gezicht doet het resultaat van de analyse van de leerlingverslagen wat vreemd aan. Hoe valt dit resultaat te verklaren? Als we de verslagen per ronde vergelijken zien we op een tweetal terreinen een groei. Waar het in de eerste ronde nog gaat om relatief eenvoudige onderzoeksonderwerpen als: 'Welke materialen geleiden stroom goed: ijzer, karton, plastic, glas, grafiet, water, water met zout?' hebben we in volgende ronden te maken met vakinhoudelijk en onderzoeksmethodologisch complexere onderzoeken als: 'Is er verband tussen het aantal graden dat de kraan open is gedraaid en de snelheid waarmee het water stroomt?' Er is dus een duidelijke toename in zowel vakinhoudelijk als onderzoeksmethodologisch niveau te constateren. Hiermee hangt direct de originaliteit van het onderwerp samen. In de eerste ronden beperken de leerlingen zich nog tot onderzoek, dat sterk gerelateerd is aan het tot dan toe ontvangen onderwijs, terwijl in de latere ronden de leerlingen steeds vaker over de grenzen van het schoolvak heen kijken en daarbuiten zoeken naar onderwerpen. We constateren dus ook een duidelijke toename van de originaliteit. Een tweede aspect betreft het beoordeelde document. De verslagen zijn tot stand gekomen onder invloed van de begeleiding van de docent, en van kritiek van medeleerlingen, en vormen het eindproduct van een heel onderwijsproces. Daardoor is het verloop van het onderzoek dermate in positieve zin beïnvloed, dat over het algemeen een voldoende eindniveau met betrekking tot de kwaliteit wordt bereikt. In reflectieve zin kunnen we

opmerken, dat de scorelijst wel de relatieve kwaliteit van het verslag kan meten, maar niet de absolute kwaliteit, omdat de scorelijst geen rekening houdt met zaken als de toename van het niveau, en de originaliteit. Ook is het verslag niet representatief om aan de hand daarvan de kwaliteit van het gehele leerlingenwerk te bepalen. In dit onderzoek moeten we uiteraard geen causaal verband leggen tussen het gegeven onderwijs over onderzoek doen en het bereikte resultaat bij de leerlingen, temeer omdat ook geen rekening gehouden is met de invloed van ontwikkelingen bij de leerlingen door natuurlijke rijping, toename van vakkennis, mogelijk onderzoek dat bij andere vakken plaatsvindt, en invloeden van buiten school. Onderzoek dat hiermee wel rekening zou kunnen houden, zou een meer experimentele opzet vragen.

7.7 SAMENVATTING

In deze slotbeschouwing vatten we de evaluatie samen. Op docentniveau maken we daarbij onderscheid tussen attitude (bereid zijn) en competentie (in staat zijn). Gedurende de voorbereidingsfase zeggen de docenten bereid te zijn om in hun onderwijs aandacht te schenken aan de validiteit en betrouwbaarheid van het leerlingonderzoek. Ze zijn echter niet bereid om te kiezen voor een andere opbouw (een groei in openheid), omdat ze zeer hechten aan de zelfstandigheid en eigen verantwoordelijkheid van de leerlingen. Dit is gedurende de uitvoeringsfase niet veranderd. Wel erkennen de docenten het belang van validiteit en betrouwbaarheid, maar ze vinden dat er nog zoveel meer is, en dat denken ze te kunnen bereiken door hun geheel open aanpak.

Wat betreft hun ontwikkeling in competentie t.a.v. de didactiek van leren onderzoeken maken we onderscheid tussen kennis en vaardigheden. Ten aanzien van de kennis hebben ze aan het eind van de voorbereiding nog niet voldoende inzicht in de begrippen betrouwbaarheid en met name validiteit om dat op het niveau van de leerlingen te kunnen gebruiken. Door daar in de onderwijsfase uitgebreid aan te werken hebben de docenten daar veel meer inzicht in gekregen en hebben ze dat op hun eigen manier (hoewel beperkt) in hun onderwijs vormgegeven. In het gegeven onderwijs zien we steeds de ambivalente houding van de docenten terug: het wel belangrijk vinden maar er niet volledig voor gaan. Door dit hinken op twee gedachten is bij de docenten maar gedeeltelijk de beoogde ontwikkeling bereikt, die erop was gericht om de leerlingen te leren om onderzoek met voldoende kwaliteit uit te voeren.

Op leerlingniveau is geprobeerd een mogelijke vooruitgang aan te tonen in de kwaliteit van hun onderzoek. Uit de analyse blijkt dat de leerlingen in staat zijn steeds complexer onderzoek uit te voeren, dat voldoende valide en betrouwbaar is. Dit komt aardig overeen met de percepties van coach-onderzoeker en docenten. Dat er een positieve invloed is van de scholing op de ontwikkeling van de leerlingen valt overigens niet aan te tonen. Een verklaring voor het resultaat van de analyse van de leerlingverslagen is gezocht in het feit dat het verslag het eindstadium is van een leerproces, waarbij er een positieve invloed is van docenten en medeleerlingen. Daarnaast is er bij de leerlingen sprake van impliciete kennis en vaardigheden op dit terrein, en zijn ze wellicht in staat op basis van deze impliciete kennis, en met de

hulp van anderen een redelijk eindproduct af te leveren. De vraag is echter of de leerlingen precies begrijpen wat de kwaliteit van onderzoek bepaalt en wat de relatie is tussen deze kennis en hun handelen. Dat laatste is alleen het geval als de leerlingen in staat zijn om zichzelf tijdens het onderzoek vragen te stellen die de validiteit en betrouwbaarheid van hun onderzoek betreffen, en dat is o.i. nog niet het geval. Er is dus nog niet zoiets als 'understanding' bereikt.

Sofie (5 jaar): 'Papa, bestaan draaikolken?'

Papa (47 jaar): 'Jazeker, Sofie. Soms zie je ze in de zee.'

Sofie: 'Ik weet hoe dat komt. Ze trekken de stop uit de zee. Het water loopt dan weg in het gaatje.'

8

CONCLUSIES, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

8.1 INLEIDING

In dit slothoofdstuk worden in paragraaf 8.2 de conclusies geformuleerd en bediscussieerd in het licht van de centrale onderzoeksvraag. In paragraaf 8.3 worden aanbevelingen gedaan ter verbetering van resp. de didactiek van leren onderzoeken en de didactiek van de scholing. Vervolgens wordt in paragraaf 8.4 ingegaan op de kwaliteit van deze studie. In paragraaf 8.5 worden aanbevelingen geformuleerd voor vervolgonderzoek. Het hoofdstuk eindigt met een slotwoord.

8.2 DE CONCLUSIES IN HET LICHT VAN DE ONDERZOEKSVRAAG

We hebben in het eerste hoofdstuk vastgesteld dat het doel van natuurwetenschappelijk onderwijs niet alleen dient te zijn het leerlingen bijbrengen van vakkennis (feiten, wetten en begrippen), maar ook van kennis en vaardigheden met betrekking tot het doen van onderzoek. Dit uitgangspunt is door de Stuurgroep Profiel Tweede Fase (1995) gekozen als doelstelling van de Vernieuwde Tweede Fase. In hoofdstuk 2 is geconstateerd dat een belangrijke kennis-categorie bij het doen van onderzoek betrekking heeft op de mate waarin dat onderzoek valide en betrouwbaar is, hetgeen een indicatie is voor de kwaliteit van het onderzoek. Deze kwaliteit dient o.i. centraal te staan in een leertraject dat gericht is op leren onderzoeken. Vanwege de longitudinale opbouw van het doen van leerlingonderzoek lijkt het ons noodzakelijk al in de onderbouw met leerlingonderzoek te starten als voorbereiding op de praktische opdrachten en het profielwerkstuk in de bovenbouw. Omdat – zo er al leerlingonderzoek wordt gedaan in de onderbouw – er door docenten in hun onderwijs niet expliciet aandacht wordt geschonken aan de kwaliteit van het onderzoek van de leerlingen, leek het ons zinnig om deze kwaliteit

centraal te stellen in een nader te ontwikkelen scholing van docenten. Dat heeft tot de volgende centrale onderzoeksvraag geleid:

In welke mate draagt de scholing van docenten, zoals door ons ontwikkeld, bij tot onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek in de onderbouw van het voortgezet onderwijs?

Hieronder worden de conclusies op deze vraag op basis van de onderzoeksresultaten samengevat en bediscussieerd in het licht van de literatuur. We gaan daarbij te werk aan de hand van de volgende aandachtspunten:

- De kwaliteit van leerlingonderzoek
- Onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek
- De scholing van docenten zoals door ons ontwikkeld

8.2.1 De kwaliteit van leerlingonderzoek

In hoofdstuk 2 is de kwaliteit van leerlingonderzoek door ons gedefinieerd als ‘de mate waarin het onderzoek valide en betrouwbaar is’, en deze kwaliteit is vervolgens geoperationaliseerd in een tweetal tabellen (zie tabel 2.3A en 2.3B op blz. 28). Bij deze operationalisering is onderscheid gemaakt tussen kennisdoelen over kwaliteit van onderzoek (tabel A) en reflectievragen over het valide en betrouwbaar uitvoeren van onderzoek door leerlingen (tabel B). Bij het ontwikkelen van deze lijsten hebben we ons gebaseerd op de ‘concepts of evidence’, die door Gott en Duggan (1995) werden ontwikkeld voor ‘investigations’ in het Science-onderwijs in Groot Brittannië, alsmede op methodiekboeken voor sociaal wetenschappelijk onderzoek (zie bijvoorbeeld Baarda & de Goede, 1995; Janssens, 1991).

Conclusies

Zowel tabel A als B beoordelen we als een voldoende valide operationalisering. Ze zijn aan elkaar gerelateerd maar zijn wel op een verschillend niveau geformuleerd. Tabel A is bedoeld voor de docent als een lijst met metacognitieve eindtermen voor het te geven onderwijs. Tabel B is bedoeld voor de leerling als een lijst met vragen voor het reflecteren op de kwaliteit van hun onderzoek.

Discussie

Als we tabel A nauwkeuriger analyseren zien we een formulering van eindtermen voor kwaliteit van leerlingonderzoek op docent-niveau. Het gaat hierbij om metacognitieve kennis, d.w.z. kennis over een cognitief proces, zoals het valide en betrouwbaar uitvoeren van een onderzoek (Boekaerts & Simons, 1993). Tabel B bevat een serie reflectievragen op leerlingniveau, en deze kunnen gekarakteriseerd worden als metacognitieve vaardigheden, oftewel regulatie-activiteiten t.a.v. het valide en betrouwbaar uitvoeren van onderzoek (Boekaerts & Simons, 1993). Het doel van deze reflectievragen was dat de leerlingen ze tijdens en na afloop

van hun onderzoek zouden gebruiken om hun onderzoek op kwaliteit te toetsen. De overeenkomst van beide tabellen is dat ze aan elkaar gerelateerd zijn: de reflectievragen zijn opgesteld aan de hand van de kennis over kwaliteit van onderzoek. Het verschil is dat we de inhoud van tabel A kunnen zien als contextonafhankelijke eindtermen voor kwaliteit van onderzoek, terwijl de reflectievragen van tabel B en de antwoorden daarop gekoppeld zijn aan de afzonderlijke casussen van leerlingonderzoek. Het is daarbij uiteindelijk de bedoeling om door reflectie op casusniveau te komen tot kennisconstructie op een meer abstract niveau. Hoe dat zou moeten worden vormgegeven in een didactiek wordt verderop uitgewerkt.

In hoeverre vormen de inhoud van de tabellen A en B een inhoudsvalide operationalisering van de kwaliteit van onderzoek? Gegeven de literatuur hierover mogen we concluderen dat de lijst met eindtermen in ieder geval een didactisch bruikbare en een dekkende beschrijving vormt van aandachtspunten voor kwaliteit van leerlingonderzoek. Vergelijken we de 'concepts of evidence' van Gott en Duggan uit 1998 met die uit de versie van 1995, dan zien we op details wel aanpassingen, maar in essentie geen veranderingen (Gott & Duggan, 1995; 1998). Wat betreft de volledigheid denken we dat onze operationalisering eveneens voldoet. In vergelijking met Gott en Duggan (1995; 1998) zijn met name voor de beginfase van het leerlingonderzoek door ons eindtermen toegevoegd. Dit is te begrijpen vanuit het gegeven dat de 'investigations' niet geheel open zijn, maar starten vanuit een gegeven vraagstelling. Verder zijn onze eindtermen wat globaler van aard. Uiteraard is een detaillering en verfijning altijd mogelijk, zeker als het type onderzoek duidelijker omschreven is en de kennis van de leerlingen verder ontwikkeld is. Zie bijvoorbeeld Schalk (2001) voor het biologieonderwijs in de Vernieuwde Tweede Fase.

8.2.2 Onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek

Voor onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek is in hoofdstuk 2 een theoretisch gefundeerd didactisch model ontwikkeld. Op basis van dit model is in overleg met de docenten in de voorbereidende fase van de scholing een onderwijsopzet gemaakt. Deze onderwijsopzet is uitgevoerd en gedurende vijf onderzoeksronden bijgesteld. Daarbij maken we onderscheid tussen doel, inhoud en vormgeving.

Conclusie

De docenten bleken andere opvattingen te hebben over doelen voor het doen van onderzoek door leerlingen dan de door ons beoogde doelen t.a.v. kwaliteit van onderzoek. Het valide en betrouwbaar zijn van onderzoek werd door de docenten beter begrepen naarmate de scholing vorderde, maar het beoogde scholingsdoel – het zodanig vormgeven van het onderwijs dat daardoor de kwaliteit van het leerlingonderzoek zou verbeteren – werd door hen op grond van hun opvattingen niet echt nagestreefd. Aan de kwaliteit van het onderzoek van de leerlingen werd hoofdzakelijk in beoordelende zin aandacht besteed. De docenten hebben de voor de leerlingen bedoelde reflectievragen van tabel B in die vorm lang niet allemaal in hun onderwijs gebruikt. Ze beperkten zich bij de begeleiding gedurende het gehele leertraject voorna-

melijk tot het bij de leerlingen stimuleren van reflectie op leefwereldniveau, waardoor er zich bij de leerlingen geen echt begrip over kwaliteit van onderzoek ontwikkelde.

Discussie

Voor de docenten was het doel van leren onderzoeken de zelfstandigheid, eigen verantwoordelijkheid en het plezier van de leerlingen te stimuleren door de leerlingen de vrijheid te geven zelf hun onderwijs in te vullen. Daarnaast had ook het stroomlijnen van de organisatie van het leerlingonderzoek hun aandacht. Ze waren niet bereid om voor een lineaire opbouw van kennis en vaardigheden te kiezen, omdat ze dit juist als 'onvrijheid' voor leerlingen ervoeren. Op zich zijn de motieven van de beide docenten niet zo opmerkelijk. Uit het al eerder aangehaalde onderzoek hiernaar in het kader van het OPENS-project onder Science docenten uit Groot Brittannië bleken de belangrijkste motieven van docenten voor 'doing open-ended work': 1. Student initiative; 2. Motivating; en 3. Enjoyment. Het ontwikkelen van (proces)vaardigheden kwam in dit onderzoek pas op de vierde plaats (Simon & Jones, 1992, p.14). De motieven van de beide bij het onderzoek betrokken docenten komen hiermee overeen. Bij een onderzoek in het kader van het ASE-King's Science Investigations in Schools (AKSIS) project werd docenten gevraagd naar karakteristieken voor 'investigations'. Daaruit kwamen als de twee belangrijkste karakteristieken naar voren (Watson, 1997):

- In investigative work pupils have to make their own decisions either individually or in groups: they are given some autonomy in how the investigation is carried out.
- An investigation must involve pupils in using procedures such as planning, measuring, observing, analysing data and evaluating methods.

Ook hier zien we dat het ontwikkelen van een zelfstandige houding bij de leerlingen als een belangrijk motief wordt gezien, naast het ontwikkelen van procedurele kennis. We zouden bij nadere beschouwing de hierboven genoemde vakoverstijgende doelen vrij gemakkelijk in het verlengde kunnen zien van de doelen van leren onderzoeken als we deze laatste in een breder kader plaatsen, namelijk als het ontwikkelen van een kritische houding t.a.v. de kwaliteit van (onderzoeks)gegevens (Gott & Duggan, 1998). Of in de woorden van de Vos en Genseberger (2000, p.11): 'Ook leerlingen die niet zelf onderzoeker worden, krijgen in onze samenleving te maken met onderzoek en onderzoeksresultaten. Dan is het goed als zij een kritische houding hebben ontwikkeld, d.w.z. hebben geleerd zich af te vragen: "Is dat wel zo?", "Hoe weten ze dat?". En als ze ook het vermogen hebben om hun eigen standpunten ter discussie te stellen en om hun eigen vooroordelen als zodanig te onderkennen'. We gaan hier bij de 'aanbevelingen' nog dieper op in. Uit onderzoek blijkt overigens dat de leerlingen zelf met hun onderzoek heel andere doelen voor ogen hebben dan docenten (Watson, Goldsworthy & Wood-Robinson, 1998). Leerlingen zien onderzoek hoofdzakelijk als het verwerven van vakinhoudelijke kennis, terwijl docenten veel meer de nadruk hebben liggen op het verwerven van vakoverstijgende procedurele kennis, waarbij het uiteindelijke onderzoeksresultaat van secundair belang is.

Wat betreft de onderwijsinhoud gaan we nader in op de wijze waarop de eerder genoemde

tabellen 2.3A en 2.3B gedurende de voorbereiding en uitvoering van het onderwijs hebben gefunctioneerd. In met name de voorbereidingsfase is de inhoud van tabel A regelmatig aan de orde geweest tijdens de gesprekken met de beide docenten. Daarbij was het de intentie om op basis van deze inhoud te komen tot onderwijs dat gericht was op het verbeteren van de kwaliteit van het leerlingonderzoek. In de voorbereiding en uitvoering van het onderwijs zijn onderwijsactiviteiten ontwikkeld die samenhangen met de eindtermen van tabel A. Zo zijn er lessen ingevoerd met als centrale activiteit het bespreken van elkaars onderzoeksopzet en onderzoeksresultaat, is er met het lesmateriaal uit bijlage 6.12 over de kwaliteit van onderzoek gewerkt, en zijn bij de beoordeling criteria voor kwaliteit gebruikt. Hoewel uit de kwaliteitsbeoordeling van de leerlingverslagen (zie hoofdstuk 7) werd geconcludeerd dat de onderzoekskwaliteit van voldoende niveau was, werden door ons ook grote twijfels geuit over het feit of er bij de leerlingen ook daadwerkelijk iets van begrip over onderzoekskwaliteit bereikt was, hetgeen o.i. zou moeten inhouden dat ze vanuit een theoretische kennisbasis kennis over kwaliteit van onderzoek inzichtelijk zouden moeten kunnen hanteren bij het uitvoeren van en reflecteren op hun onderzoek. Deze twijfel werd gevoed door het feit dat we in het gegeven onderwijs geen aanwijzingen hebben kunnen vinden waaruit zou blijken dat de leerlingen daar bewust mee om gingen. Zo is tabel B in de uiteindelijke vorm nooit door de leerlingen gebruikt, en hebben de docenten de leerlingen ook niet gestimuleerd deze tabel als reflectie-instrument te gebruiken. De leerlingen zijn dus blijkbaar in staat om op basis van aanwezige intuïtieve kennis over de kwaliteit van onderzoek in termen van 'eerlijk vergelijken' en 'eerlijk meten' een onderzoek redelijk uit te voeren, maar hebben daarin in onze ogen niet de gewenste cognitieve ontwikkeling doorgemaakt. Om in termen van Lijnse (2002) te spreken: ze zijn op een, zij het uitgebreid, leefwereldniveau blijven steken en hebben geen beschrijvend of operationeel niveau bereikt. Over ervaringen van docenten met het gebruik van eindtermen voor kwaliteit van leerlingonderzoek is overigens niet zoveel bekend. Gott en Duggan (1998) rapporteren over ervaringen van scholen met hun lijst van 'concepts of evidence'. Ze constateren dat: 'in some schools, the list of ideas about evidence has proved to be more important than we had imagined. Because these ideas are written down in detail they become a part of the "syllabus".'

Laten we wat betreft de vormgeving van het leertraject de hoofdzaken nog eens op een rij zetten. Gekozen werd voor een opzet van vijf rondes leerlingonderzoek in twee jaar onderbouw, verdeeld over leerjaar 2 en 3, met in elke ronde de keuze voor een geheel vrij onderzoek. Elk onderzoek werd afgesloten met een verslag, en voor het beoordelen van dit verslag werden beoordelingscriteria ontwikkeld, die deels betrekking hadden op de kwaliteit van het onderzoek. Kijken we op de ontwikkeling van dit leertraject terug in de beschrijving van hoofdstuk 6, dan maakt het geheel een te weinig samenhangende indruk. Dit houdt in, dat nieuwe activiteiten niet logischerwijze voortbouwen op eerder opgedane kennis en vaardigheden. In de literatuur is niet zoveel te vinden over suggesties voor een didactiek van leren onderzoeken met kwaliteit. Gott en Duggan (1995) stellen in het kader van de progressie van kennis en vaardigheden rond 'fair testing' in hun 'investigations' een toename voor in complexiteit rond het controleren van variabelen, hetgeen betrekking heeft op een nogal beperkt

deel van de onderzoekskwaliteit. In een artikel uit 1998 (Gott & Duggan, 1998) wordt door hen gewezen op onderwijsmateriaal, dat speciaal in het kader van de kwaliteit van onderzoek voor scholen is ontwikkeld. Dit materiaal wordt omschreven als heel divers met allerlei mogelijke werkvormen. Ze wensen geen onderwijsmethode voor te schrijven, maar dringen er wel op aan om regelmatig een volledig onderzoek door leerlingen te laten uitvoeren, omdat in dergelijk onderzoek de verschillende aspecten van validiteit en betrouwbaarheid in samenhang aan bod komen. Wat betreft het onderwijsmateriaal bevelen ze aan om dit materiaal zoveel mogelijk te gebruiken in de context van de gewone lessen.

8.2.3 De scholing van docenten zoals door ons ontwikkeld

Op basis van literatuur over het leren van docenten (zie hoofdstuk 3) is een scholing ontwikkeld, waarvan de inhoud enerzijds gericht was op kennis over kwaliteit van onderzoek en anderzijds op de didactiek van leren onderzoeken met kwaliteit. Bij de ontwikkeling van de scholing is als uitgangspunt gehanteerd dat deze zoveel mogelijk plaats dient te vinden in de unieke context van de school, uit dient te gaan van een actieve deelname van de docenten, en van de praktijkkennis van de docenten, en dient te focussen op samenwerking en collegialiteit. Ook zijn nieuwe vaardigheden in de context van reële onderwijssituaties geoefend en is steun en feedback gegeven (Guskey, 1995). Daarbij is coaching gebruikt, omdat dit een veelbelovend middel is gebleken om het leren van docenten op de werkplek te bevorderen (Reiman & Thies-Sprinthall, 1997; Showers & Joyce, 1996).

Conclusie

We zijn er niet in geslaagd het scholingsproces zodanig vorm te geven, dat de docenten bereid en in staat waren onze visie op 'leren onderzoeken met kwaliteit' over te nemen en in de praktijk te brengen. Dat had niet zozeer te maken met de fasering van en de gebruikte werkvormen tijdens de scholing, als wel met het gegeven dat de docenten de kwaliteit van leerlingonderzoek niet als een probleem zagen, en daar hun eigen doelen voor leerlingonderzoek niet voor wilden inruilen. In termen van probleemstellend scholen zijn we er niet in geslaagd de kwaliteit van leerlingonderzoek tot het probleem van de docenten te maken. De docenten zijn daardoor op een intuïtief didactisch niveau blijven steken, en zijn daardoor ook niet in staat gebleken de leerlingcognities op een hoger plan te brengen.

Discussie

We hadden als coach-onderzoeker met de scholing een inhoudelijk nog niet volledig uitgekristalliseerd doel voor ogen – het werken aan de kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek – en we zochten docenten die dit doel zouden willen delen. De in onze ogen geschikte en gevraagde docenten stemden aanvankelijk in met het uitwerken van dit doel in een gezamenlijk ontwikkelingsproces. Al vroeg in de voorbereidende fase van de scholing werd echter duidelijk dat de beide docenten (het mogelijk ontbreken van) kwaliteit van leerlingonderzoek niet als iets zagen, waaraan ze zouden willen werken: er was wat dat betreft geen 'ownership'

(Guskey, 1995) of 'a need to change' (Jones e.a., 1992). Ook gedurende het coachingstraject lukte het niet de opvattingen van de docenten over hun onderwijsdoelen te veranderen. Om in termen van Lijnse (2002) te spreken: de scholing was niet probleemstellend genoeg om de docenten gemotiveerd te krijgen te gaan werken aan de kwaliteit van het leerlingonderzoek. Wat betreft het belang van opvattingen zijn we het met Nespor (1987) eens dat opvattingen en systemen van opvattingen meer nog dan kennis bepalend zijn voor het handelen van docenten. Over de moeite die het kost om opvattingen van docenten te veranderen bestaan uiteenlopende visies. Sommigen menen dat opvattingen zeer moeilijk – zo niet onmogelijk – te veranderen zijn. Anderen zijn optimistischer en menen dat opvattingen wel kunnen veranderen, dat dit ook regelmatig gebeurt, en dat scholingsprogramma's daarbij kunnen helpen (Richardson, 1996). In deze scholing ging het om de onderwijsopvattingen van twee ervaren docenten, die op hun school al waren gestart met het laten uitvoeren van onderzoek door hun leerlingen. Hun opvattingen waren zo sterk verankerd in hun onderwijspraktijk, dat het ondanks een intensieve dialoog en feedback niet lukte hun doelen voor leren onderzoeken te veranderen.

Over de inhoud van de scholing is in paragraaf 8.2.2 al het een en ander gezegd. Kijken we naar wat beide docenten hebben geleerd, dan is onze indruk dat beide docenten over de kwaliteit van onderzoek flink wat hebben bijgeleerd, maar dat ze vanwege het verschil in opvatting over de doelstelling van leren onderzoeken met de coach in onze ogen niet gemotiveerd genoeg hebben gewerkt aan het verwerven van voldoende didactische kennis, en dat ze het zeker niet voldoende in de praktijk hebben gebracht. Er is door de docenten in hun onderwijs wel aandacht gegeven aan de kwaliteit van het onderzoek van de leerlingen, maar dan voornamelijk in beoordelende zin.

Wat betreft de vormgeving van de scholing is gekozen voor een scholing in drie fasen: de voorbereidende fase, de coachingsfase en de evaluatie (die overigens voornamelijk heeft gediend als databron voor deze studie). De indruk is dat, gegeven het ontwikkelingstraject, de vormgeving van de scholing heeft voldaan. Er is zoveel mogelijk rekening gehouden met de door Guskey (1995) geformuleerde uitgangspunten. Er was wederzijdse openheid, en de spanning zat vooral in de inhoud. Toch willen we uitgaande van het in de hoofdstukken 5 en 6 beschreven proces nog wat kanttekeningen plaatsen.

Op de eerste plaats is het de vraag of de kleinschalige opzet met twee docenten van dezelfde natuurkundesectie wel zo'n goede keuze is geweest. Aan de ene kant geeft deze kleinschaligheid ruimte voor een intensieve en persoonlijke benadering. Aan de andere kant wordt door Bell en Gilbert (1996) de nadruk gelegd op samenwerking met andere docenten bij het reconstrueren van kennis en vaardigheden en het openstaan voor opvattingen van anderen. De mogelijkheid om kennis te nemen van andere opvattingen is des te groter naarmate de bij de scholing betrokken groep groter en meer divers is. De patstelling die nu in de scholing ontstond tussen coach-onderzoeker en docenten kan in zo'n situatie eerder doorbroken worden doordat anderen hun inzichten met steun van de coach-onderzoeker wellicht beter kunnen verwoorden en kunnen overdragen.

Een tweede kanttekening betreft de coaching. Uit resultaten van recent onderzoek komt naar voren dat (peer)coaching niet vanzelf een krachtige leeromgeving is voor docenten (Engelen & Bergen, 2001). Ten eerste moet er bij docenten bereidheid zijn om met en van elkaar te leren. Ten tweede moeten coaches inzicht hebben in en kennis hebben over de inhoud van de vaardigheden die door gecoachte docenten geleerd moeten worden. Ten derde is de kwaliteit van de coachingsdialoog een punt van aandacht. In het promotieonderzoek van Engelen (2002) wordt uitvoerig ingegaan op de kwaliteit van de coachingsdialoog. Dialogen die nauwelijks of niet voldoen aan procedurele, inhoudelijke en relationele eisen die doorgaans gesteld worden aan coachingsdialogen zijn geen dialogen die het leren van docenten krachtig kunnen bevorderen. Op basis van de analyses bij de coachingsdialogen wordt door Engelen (2002) een aantal opmerkingen gemaakt vanuit het perspectief van een krachtige leeromgeving:

- Coaches zouden de fasen van het coachingsgesprek (situatie verduidelijken, benoemen van verbeterpunten, uitwisselen van suggesties/alternatieven voor verbetering en het maken van afspraken voor de komende les) moeten bewaken.
- Coaches moeten behalve dat ze ondersteunend en motiverend zijn, ook helder voor ogen hebben wat de inhoud van het gedrag, de opvatting en de kennis is die de docenten willen/moeten bereiken.
- De facilitering van de coaches en de docenten is van belang. Er moet structureel tijd zijn ingeruimd voor zowel de observatie van de lessen als voor de coachingsdialogen. Daarbij zijn principes van continuïteit en intensiteit van belang.
- Coaches kunnen in de valkuil trappen dat ze een instructieperspectief nemen tijdens de coachingsdialoog. Dit instructieperspectief, waarin coaches docenten proberen te overtuigen, zou moeten worden ingewisseld voor een leerperspectief, waarin het leren van de docent centraal staat en er een echte dialoog ontstaat.

Als we onze coaching bezien in het licht van de hier bovenstaande opmerkingen, dan kunnen we het volgende commentaar geven. Wat betreft de inhoud van het gedrag, de opvatting en de kennis die de gecoachte docenten willen/moeten bereiken is het van belang dat de coach hierover een helder beeld heeft. In ons onderzoek was de scholing en de inhoud ervan echter in ontwikkeling. De duidelijkheid van de inhoud van de scholing nam toe naarmate de scholing vorderde. Het was immers de bedoeling dat de scholing in dialoog met de docenten en op basis van hun praktijk zou worden ontwikkeld. Dat neemt niet weg dat deze onduidelijkheid ertoe kan hebben bijgedragen dat de coaching niet voldoende effectief was. Een volgend punt betreft de facilitering van de scholing. Natuurlijk is het zo dat de facilitering van de docenten die aan de scholing deelnemen van groot belang is. Toch zal in de praktijk door allerlei omstandigheden deze facilitering niet optimaal zijn, en dat is ook tijdens deze scholing gebleken. Het plannen van bijeenkomsten in tussenuren is niet aan te bevelen, omdat er dan geen uitloop mogelijk is, maar ook omdat de concentratie van de docenten op hun eigen leerproces dan niet optimaal is, doordat het tussen alle bedrijven door moet gebeuren. Als er van tussenuren gebruik gemaakt moet worden, kunnen die beter gebruikt worden voor feedbackgesprekken over de gevolgde lessen. Een intensieve scholing op de werkplek vraagt van

de school wel een bijzondere inspanning m.b.t. de roostering, en daarmee de steun van de schoolleiding, die uitstraalt dat deze leeractiviteit belangrijk is voor de school. Beide deelnemende docenten bleken uiteindelijk voor de scholing en de toepassing van het geleerde in de onderwijspraktijk onvoldoende ruimte te hebben. Ze bleken net zoals zoveel docenten in het Nederlandse onderwijs vol te zitten met het dagelijkse werk en hadden in feite nauwelijks psychische en fysieke ruimte om grondig te werken aan hun professionele ontwikkeling.

Een meer fundamentele kwestie is dat, hoewel de scholing in dialoog met de docenten is ontwikkeld en uitgevoerd, het idee van kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek door de coach-onderzoeker is aangedragen. De vraag is dan gerechtvaardigd in hoeverre hier toch niet sprake is van vernieuwing 'van bovenaf'. We kunnen een aantal aspecten aangeven waarop onze benadering wezenlijk verschilt met de zogenaamde RDD (Research, Development, Diffusion) modellen die in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw werden gebruikt om op research gebaseerde vernieuwingen te implementeren, en die daarbij grote implementatieproblemen ondervonden, problemen die werden toegeschreven aan de innovatieresistentie van docenten (Van den Berg & Vandenberghe, 1995). Op de eerste plaats is er in ons onderzoek geen sprake van het implementeren van een research-resultaat, maar van een op literatuur gebaseerde minitheorie over kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek. Op de tweede plaats is deze minitheorie niet van bovenaf opgelegd aan de docenten, maar ingebracht in een proces van ontwikkeling en uitvoering. Tot slot is niet zozeer het effect in het onderwijs van belang, als wel het ontwikkelingsproces van de docenten als zodanig, op basis waarvan volgende stappen gezet kunnen worden om de minitheorie te verbeteren. Blijft de vraag hoe docenten geïnvolveerd kunnen worden in een scholingstraject, dat ze ervaren als werken aan de eigen professionaliteit, maar waarvan ze de inhoud niet direct ervaren als iets waaraan ze zouden moeten gaan werken. Het overbruggen van de kloof tussen de persoonlijke doelen van de docenten en de doelen van deskundigen wordt ook door anderen als problematisch beschreven (Fullan, 1993; Richardson & Placier, 2001). Ondanks het feit dat we aan het begin van de scholing ons bewust waren van deze innovatie valkuilen, moeten we achteraf toch constateren dat het gezamenlijk formuleren van de innovatie-inhoud in het onderzoek minder goed uit de verf is gekomen. We constateren dat er grenzen zijn aan de vernieuwing als docenten hun persoonlijke doelen laten prevaleren boven de doelen van een innovatie, die weliswaar praktijknaabij wordt uitgevoerd, maar toch theoriegeleid is. Bij de aanbevelingen wordt op dit dilemma nog terug gekomen.

8.2.4 De conclusies samengevat

Als we het antwoord op de onderzoeksvraag samenvatten, dan kunnen we concluderen dat de door ons ontwikkelde scholing van de beide docenten slechts in beperkte mate heeft bijgedragen tot onderwijs dat gericht is op kwaliteitsverbetering van het leerlingonderzoek, en dat we op leerlingniveau geen gericht gebruik van kennis over kwaliteit van onderzoek terugzien. Dit enigszins tegenvallende resultaat kan op verschillende manieren worden verklaard. Wanneer we kijken naar de opzet van de scholing, dan zien we daar de nieuwe inzichten over het leren

van docenten in verwerkt. Een belangrijk aspect echter, namelijk het 'ownership' van het centrale thema 'kwaliteit van onderzoek', blijkt onvoldoende te zijn bereikt. Daardoor ontbreekt bij de docenten de motivatie hier in hun onderwijs iets mee te doen. Er is bij hen geen actieve vraag naar kennis over dit centrale thema, en het eigen initiatief om dit om te zetten naar voor leerlingen zinvolle onderwijsactiviteiten ontbreekt grotendeels. De voor het doen van leerlingonderzoek gemotiveerde docenten blijven, ondanks de inspanningen van de coach-onderzoeker hen op andere gedachten te brengen, hun eigen doelen hanteren en daar hun onderwijs op baseren. Wat betreft de kwaliteit van onderzoek blijven de docenten grotendeels op een intuïtief didactisch niveau steken en ontstijgen de leerlingen daardoor ook niet hun leefwereldniveau.

8.3 AANBEVELINGEN

Op basis van de eerste opzet en het proces/resultaat van de scholing worden in deze paragraaf aanbevelingen gedaan voor een herziene opzet van zowel de didactiek voor leren onderzoeken als de scholingsdidactiek. Deze aanbevelingen hebben niet het karakter van kant en klare gedetailleerde instructies, maar ze geven globaal de richting aan waarin aanpassingen moeten worden gedaan. De concrete invulling van de beide didactieken is afhankelijk van de omstandigheden waaronder ze worden gebruikt.

8.3.1 Aanbevelingen voor de didactiek van leren onderzoeken

Doelen

Ons uitgangspunt is dat de kwaliteit van onderzoek centraal dient te staan in de didactiek van leren onderzoeken. Wel vinden we dat deze doelstelling moet worden gezien in een breder perspectief, hetgeen inhoudt dat de leerlingen niet alleen een kritische houding leren ontwikkelen t.a.v. de waarde van verworven kennis in eigen onderzoek, maar ook t.a.v. door anderen gepresenteerde (onderzoeks)kennis. Op dit moment is er via Internet een overweldigend informatieaanbod beschikbaar, en dat zal alleen nog maar toenemen. Lang niet alles wat wordt aangeboden is 'waar', en we achten het van groot belang dat de leerling kritisch leert omgaan met informatie, die op allerlei manieren voor hen beschikbaar is. Daaraan zou een kritische houding t.a.v. de waarde van eigen onderzoek wellicht een bijdrage kunnen leveren.

Didactische vormgeving

Als we het ontwikkelen van een kritische houding bij de leerlingen als belangrijk doel van onderwijs zien, dan ligt het voor de hand na te denken over hoe zoiets in een curriculum te realiseren valt. We kunnen hierbij de volgende elementen onderscheiden:

- 1 Het kritisch omgaan met 'experimentele' informatie. Dat geldt ook voor de gewone lessen, bijvoorbeeld bij de behandeling van theorie.
- 2 Het verwerven van kennis over kwaliteit van onderzoek.

3 Het leren reflecteren op eigen handelen.

4 Het kritisch beoordelen van eigen en andermans handelen.

Het leren onderzoeken heeft hierin een speciale rol omdat in het onderzoek dat de leerlingen opzetten en uitvoeren alle aspecten van kennisverwerving aan bod komen, van het stellen van een eigen vraag, via het verzamelen van data tot het trekken van valide en betrouwbare conclusies. De leerlingen ervaren aan den lijve hoe lastig het is om ook daadwerkelijk een valide antwoord op hun vraag te krijgen en om een kritische houding naar zichzelf en naar anderen in te (blijven) nemen.

Als we de hierboven gegeven brede doelstelling als het ontwikkelen van een kritische houding accepteren, dan is het doen van onderzoek door leerlingen als vanzelfsprekend een onderdeel van het aangeboden onderwijs, en kan daarin op een natuurlijke wijze worden geïntegreerd. Aan de andere kant is voor het leren onderzoeken met kwaliteit een lijst met onderwijsdoelen opgesteld, en de vraag is hoe deze doelen kunnen worden gehaald. De eerder genoemde inhoud van tabel A is het eindstadium van kennis over kwaliteit van onderzoek bij de leerlingen. Voor het verwerven van deze kennis speelt reflectie op het eigen handelen een belangrijke rol en daarin is de inhoud van tabel B van belang. We stellen ons voor dat voor het bereiken van het kennisniveau zoals beschreven in tabel A een aantal stappen moeten worden doorlopen, en dat deze stappen gekoppeld worden aan het opzetten en uitvoeren van een serie onderzoeken door de leerlingen. Het is daarbij van belang in het begin aan te sluiten bij de intuïtieve kennis van de leerlingen over valide en betrouwbaar onderzoek. Dat betekent dat de reflectie op het eigen onderzoek en de beoordeling van het werk van anderen aanvankelijk op intuïtief niveau plaatsvindt in termen van 'eerlijk meten' en 'eerlijk vergelijken'. Essentieel hierin is dat de leerlingen in dialoog met elkaar en met de docent na elke ronde komen tot de formulering van metacognitieve kennis over onderzoek met kwaliteit, zodat zowel de reflectie op het eigen onderzoek (via tabel 2.3B) als de kennis over onderzoek met kwaliteit per ronde groeit. Voor de docent is hier een belangrijke taak weggelegd om dit proces te bewaken en te stimuleren. Overigens hoeft de kennisverwerving niet beperkt te blijven tot het onderzoek van de leerlingen alleen, maar kan ook gestimuleerd worden door onderwijsactiviteiten, die gericht zijn op specifieke aspecten van validiteit en betrouwbaarheid. Een aardig voorbeeld is te vinden in het CASE-materiaal, waar speciale aandacht wordt geschonken aan het begrip 'variabelen controleren' door de leerlingen te laten onderzoeken van welke grootheden de toonhoogte afhangt, die een buis bij aanblazen produceert: lengte, buisdikte, materiaal en wanddikte (Adey, Shayer & Yates, 1989). Het is dus van belang dat de docent kan putten uit een verzameling onderwijsleeractiviteiten die alle aspecten van validiteit en betrouwbaarheid in zich heeft, en deze leeractiviteiten kan inzetten waar nodig. De vraag is in hoeverre de aanpak – holistisch dan wel lineair – nog van doorslaggevend belang is. Het zal afhangen van de voorkeur van de docent welke aanpak hij kiest. Een lineaire aanpak bouwt de kennis over kwaliteit heel gericht op, maar heeft als nadeel dat de docent het leerproces sterk stuurt. In de holistische aanpak is de opbouw van kennis en vaardigheden veel minder uitgelijnd en stelt hogere eisen aan het improvisatievermogen van de docent. Voordeel is dat de leerlingen zelf hun onderwijs sturen.

Tot slot willen we nog ingaan op recent onderzoek van Kortland (2001), dat o.i. aankno-

pingspunten biedt voor een alternatieve benadering van het ontwikkelen van een didactiek voor leren onderzoeken. Kortland gebruikt in zijn ontwikkelingsonderzoek naar het onderwijzen van besluitvorming over het afvalvraagstuk een specifieke didactische aanpak. Daarin speelt het begrip 'probleemstellende benadering' een centrale rol. De kern van een probleemstellende benadering bij het onderwijzen/leren van een bepaald onderwerp kan worden samengevat als: 'an approach whose emphasis is on bringing pupils in such a position that they themselves come to see the point of extending their existing conceptual resources, experiential base and belief system (with accompanying changes of meaning) in a certain direction.' (Klaassen, 1995, p.111). Dit betekent dat inhoud en vormgeving van het onderwijs zodanig zouden moeten zijn, dat aan de leerlingen inhoudelijke motieven worden gegeven om de zin in te zien van het uitbreiden van hun kennis. In onze situatie zou dat betekenen dat de leerlingen inhoudelijke motieven worden gegeven om de zin in te zien van het uitbreiden van hun kennis over kwaliteit van onderzoek. In zijn dissertatie geeft Kortland een schema voor een zogenaamde 'problem-posing, level-structured didactical structure' (bijlage 8.1). Hij beschouwt deze didactische structuur als een generalisatie van de door hem ontwikkelde didactische structuur voor het onderwijzen van besluitvorming over het afvalvraagstuk. Kortland onderscheidt in het bijbehorende onderwijsproces een zestal fasen (zie ook Lijnse, 2002):

- Fase 1: oriënteren op en oproepen van een globale interesse en motief voor het bestuderen van het betreffende onderwerp.
- Fase 2: het inperken en toespitsen van dit globale motief tot een inhoudsspecifieke behoefte aan meer kennis.
- Fase 3: het uitbreiden van de bestaande kennis van de leerlingen, in het licht van het globale motief en de specifiekere geformuleerde kennisbehoefte.
- Fase 4: het toepassen van de nieuwe kennis in situaties waarvoor de kennisuitbreiding bedoeld was.
- Fase 5: het in het licht van het globale motief creëren van een behoefte aan reflectie op het kunnen hanteren van de betreffende vaardigheid.
- Fase 6: het ontwikkelen van een (mogelijk nog gecontextualiseerd) metacognitief instrument voor het op een hoger niveau kunnen uitvoeren van de vaardigheid.

Lijnse (2002) beschouwt de hierboven beschreven algemene didactische structuur als betrekking hebbend op zowel het onderwijzen van vakinhoudelijke kennis als van die vakkennis losstaande vaardigheden. De vraag is nu in hoeverre een dergelijke inhoudsonafhankelijke didactische structuur ook toepasbaar is op leren onderzoeken. Kortland geeft een aanzet hiertoe door deze structuur globaal uit te werken voor 'problem solving'. We zien in zijn uitwerking een zekere overeenkomst met onze benadering, hetgeen blijkt uit het volgende citaat: 'After a global orientation on the topic to be taught, a problematisation should follow which asks, firstly, for an acquisition of relevant domain-specific knowledge, followed by an application of this knowledge in solving problems that, in a problem posing approach, follows naturally from the way in which the topic has been introduced. By a reflection on the intuitive ways in which these problems have been solved so far, relevant domain-specific heuristics

should be made explicit. (...) In teaching subsequent (related) topics, new sets of domain-specific heuristics may be developed, that might at some point be reflected upon and abstracted to represent some sort of general procedure such as the heuristic rules of a 'systematic problem solving approach'. (...) In that case the teaching/learning process has evolved over time from the concrete to the abstract, with maybe a bigger chance that students understand both such a general procedure and the way in which it could be used to tackle problems in new knowledge domains.' (Kortland, 2001, p.183). Voor de 'heuristic rules' kan hier de lijst met reflectievragen in tabel B worden gelezen. Hoe een en ander concreet moet worden uitgewerkt vraagt om verder ontwikkelingsonderzoek.

Evaluatie

Tot slot gaan we nog in op het aspect evaluatie. In een leerproces is de evaluatie van het leerproces en het leereffect van belang. Op de meeste scholen wordt deze evaluatie gekoppeld aan een cijfer, dat meetelt voor een beoordeling van de algehele prestatie van de leerling, en dit cijfer bepaalt mede of leerlingen overgaan of blijven zitten. Zo'n cijfercultuur vormt voor leerlingen vaak een motivatie om te leren. We zijn het met Black (1998) eens dat we moeten streven naar een grotere rol in het onderwijs voor formatieve evaluatie. Of zoals Robertson (2001, p.312) over zijn eigen beoordelingsmodel schrijft: 'The success of the [assessment] model demands that teachers allow sufficient freedom to their students to learn by making mistakes'. Wat er ook met het beoordelen van het werk van leerlingen wordt beoogd, als bron voor feedback en reflectie op het werk van de leerlingen gedurende het leerproces, of als afsluitende beoordeling van het leereffect, in alle gevallen achten we het van groot belang dat de leerlingen inzicht hebben in datgene wat beoordeeld wordt. Als het gaat om de beoordeling van de kwaliteit van onderzoek, dan zullen de leerlingen toch op z'n minst moeten weten welke aspecten van belang zijn om onderzoek met kwaliteit op te zetten, uit te voeren en te beschrijven. Ook langs deze weg kunnen docenten expliciet maken wat zij uiteindelijk beogen met het doen van leerlingonderzoek.

8.3.2 Aanbevelingen voor de scholingsdidactiek

In deze paragraaf over aanbevelingen voor een scholingsdidactiek maken we onderscheid tussen inhoud en vormgeving. In de vorige paragraaf is de inhoud van de scholing uitvoerig aan bod geweest. We hebben daarin voorgesteld het valide en betrouwbaar uitvoeren van leerlingonderzoek te zien als een bijdrage aan een breder doel, namelijk het ontwikkelen van een kritische houding bij leerlingen t.a.v. informatie, of het nu zelf verworven informatie is, dan wel informatie van andere bronnen. Deze kritische houding past bij een doelstelling die zowel bij docenten als bij programmamakers, zo blijkt uit onderzoek en uit het huidige programma voor basisvorming en vernieuwde Tweede Fase, hoge ogen scoort, namelijk

leerlingen op weg helpen naar zelfstandigheid en eigen verantwoordelijkheid⁴⁶.

Uit een inventarisatie van ervaringen met het laten uitvoeren van onderzoek door leerlingen in de onderbouw bij het vak natuurkunde is gebleken dat er slechts weinig docenten zijn die dit praktiseren, en dat het aspect kwaliteit daarin nauwelijks aan de orde is. We mogen er dus wel van uit gaan, dat het voor de meeste docenten nieuw is om leerlingen onderzoek te laten doen en de kwaliteit ervan expliciet aan de orde te stellen. Verder mogen we ervan uitgaan dat de meeste docenten in de onderbouw vanuit hun – over het algemeen tweede-graads – opleiding weinig tot geen ervaring hebben met onderzoek. Wat bij het stimuleren van leerlingonderzoek met kwaliteit docenten ongetwijfeld zal aanspreken is zoals eerder gezegd het ontwikkelen van de kritische houding bij de leerlingen. Dat onderzoek met de nadruk op de kwaliteit ervan daaraan een bijdrage levert, lijkt evident. Kortom: we zullen bij de te geven scholing rekening moeten houden met docenten die weinig ervaring hebben met en weinig weten over onderzoek met kwaliteit, maar die wel bereid zijn om vanuit de optiek van het ontwikkelen van een kritische houding met de leerlingen een leertraject te willen doorlopen dat daar specifiek aan bijdraagt.

Wat betreft de inhoud van de scholing zullen we moeten expliciteren wat de opvattingen van de te scholen docenten zijn. Deze opvattingen spelen een belangrijke rol bij het effect dat de scholing uiteindelijk heeft. Docenten moeten zich daarom vrij voelen om af te haken als ze vinden, dat hun opvattingen niet overeenkomen met wat de scholing beoogt. De docentengroep die met de cursus start, is bij voorkeur heterogeen van samenstelling omwille van de diversiteit van kennis en ervaringen. In de voorbereidende fase zal moeten worden nagegaan wat de impliciete kennis is over het doen van onderzoek met kwaliteit en zal deze kennis serieus genomen moeten worden. Bovendien moeten mogelijke belemmeringen om met leren onderzoeken aan de slag te gaan per docent in kaart worden gebracht, zodat het mogelijk is om geïndividualiseerde leertrajecten op te zetten. Naarmate de beoogde werkwijze meer afwijkt van de onderwijspraktijk van de beoogde docent zal in de voorbereidende fase intensiever en breder aan kennisconstructie gewerkt moeten worden en zal in de uitvoering intensiever gereflecteerd moeten worden op het gegeven onderwijs. We denken bij kennisconstructie aan workshops waarin aandacht wordt geschonken aan bepaalde aspecten van onderzoek (zie ook Bell & Gilbert, 1996). Daarnaast is het van belang te laten zien dat het bij leerlingen ontbreekt aan een kritische houding t.a.v. hun eigen onderzoekswerk. Al eerder hebben we gewezen op onderzoeksverslagen die aardig ogen, maar waarin de criteria die we stellen aan kwaliteit van onderzoek veelal ontbreken.

Over de vormgeving is hierboven al het een en ander gezegd. Voor de hand ligt te starten met een voorbereidende fase met daarin een intensieve discussie over het onderwerp en het laten leven van de problematiek, gevolgd door een periode van uitvoering en coaching. Wat in de hiervoor beschreven cursus heeft ontbroken, en wat we van groot belang achten, is enige vorm van peercoaching (Bergen, 1996). We doelen hierbij op het door de docenten bijwonen van elkaars lessen en op feedback in gezamenlijke bijeenkomsten. Ook hoort bij de vormge-

⁴⁶Zie bijvoorbeeld het Examenprogramma Natuurkunde van de Vernieuwde Tweede Fase, subdomein Informatievaardigheden (Gravenberch, 1996).

ving de facilitering van de docenten. Al eerder merkten we op dat deze niet optimaal was. De scholing levert wellicht meer op als de faciliteiten zodanig zijn, dat de scholing in een kortere periode kan plaatsvinden, en daardoor een stuk intensiever wordt.

Tot slot vragen we ons af in hoeverre de door Kortland (2001) ontwikkelde didactische structuur in bijlage 8.1 ook aanknopingspunten biedt voor een probleemstellende scholing. Laten we eerst nagaan in hoeverre het mogelijk is om deze didactische structuur hiervoor als uitgangspunt te nemen. We zien een aantal parallellen, bijvoorbeeld tussen de combinatie 'cursusgever - docenten' en 'docent - leerlingen' en het te geven onderwijs. In beide situaties is er sprake van een leerproces. Voor 'kennis' in de didactische structuur kunnen we bij de docenten 'expertkennis' invullen, en wat betreft 'vaardigheid' gaat het bij de docent om de 'onderwijsvaardigheden' (teaching skills). Wat betreft de beide niveaus is op het leefwereld niveau de drijfveer van de docenten het aanpakken van een onderwijsprobleem – in ons geval het leren onderzoeken met kwaliteit – , terwijl hun benodigde kennis om dit probleem op te lossen nog incompleet is en zwak gestructureerd – we zouden hier kunnen spreken over een intuïtief didactisch niveau – en hun onderwijsvaardigheid nog berust op een intuïtieve procedure: een mix van allerlei praktijkkennis, ervaringen en zaken die ze kunnen zonder dat ze dat geleerd is. Het operationele (of beschrijvende) kennisniveau wordt gekarakteriseerd door een gestructureerde en complete hoeveelheid kennis om het leren onderzoeken van leerlingen met kwaliteit vorm te geven. Als we kijken naar de eerder door Kortland gegeven zes fasen voor het onderwijsproces zien we niet zo heel veel verschil met de manier waarop we onze scholing hebben vormgegeven. De voorbereidende fase omvat de eerder genoemde fasen 1 t/m 3. De onderwijsuitvoeringsfase omvat de hierboven genoemde fase 4. De evaluatiefase vinden we terug in fase 5. Fase 6 is niet aan de orde in deze situatie omdat we ons in eerste instantie niet richten op het ontwikkelen van een metacognitief instrument voor docenten. We mogen voorzichtig stellen dat Kortlands gegeneraliseerde didactische structuur op enkele significante verschillen na ook te gebruiken lijkt voor het scholen van docenten. Zoals we al eerder hadden opgemerkt zat ons probleem bij het niet voldoende kunnen motiveren van de beide docenten voor een specifieke aanpak. Juist dit aspect blijkt van groot belang in de benadering van Kortland. We zouden zelfs willen stellen dat het beoogde effect van een scholing in grote mate afhangt van het succes van fase 1 en 2.

8.4 DISCUSSIE OVER DE KWALITEIT VAN DIT ONDERZOEK

8.4.1 Betrouwbaarheid en validiteit

Het in deze dissertatie beschreven onderzoek is gericht op het bevorderen van de kwaliteit van leerlingonderzoek, maar wat kunnen we nu zeggen over de kwaliteit van ons eigen onderzoek? In deze paragraaf willen we hierop reflecteren aan de hand van criteria voor betrouwbaarheid en validiteit. We doen dat aan de hand van wat in hoofdstuk 4 hierover werd gezegd, en hetgeen we in de hoofdstukken 5 t/m 7 hebben opgemerkt over de dataverzameling en -analyse, en bespreken de betrouwbaarheid, en de interne en externe validiteit.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van een *kwantitatief* onderzoek heeft betrekking op het verzamelen en analyseren van de kwantitatieve data, die het onderzoek heeft opgeleverd. Het is 'a synonym for consistency and replicability over time, over instruments and over groups of respondents. It is concerned with precision and accuracy' (Cohen e.a., 2000). Met betrekking tot *kwalitatief* onderzoek in het algemeen en ontwikkelingsonderzoek in het bijzonder werd in hoofdstuk 4 al opgemerkt dat het aspect herhaalbaarheid betrekking heeft op een virtuele herhaalbaarheid: het onderzoek moet zodanig beschreven zijn dat het door buitenstaanders gereconstrueerd kan worden (Gravemeijer, 1993). Dat betekent dat de empirische basis van het onderzoeksproces traceerbaar moet zijn. Uitspraken moeten dus teruggevoerd kunnen worden op ruwe data. Aan deze eis is in onze studie, mede op basis van een goede documentatie, ruimschoots voldaan. De ruwe data in de vorm van audio-opnamen en video-opnamen zijn beschikbaar om de interpretaties op objectiviteit te kunnen toetsen. De audio-opnamen zijn daartoe zo letterlijk en volledig mogelijk getranscribeerd.

Bij het aspect van nauwkeurigheid betreffende de analyse van de data en het trekken van conclusies spelen de volgende zaken een rol: intersubjectieve betrouwbaarheid (zal een andere onderzoeker op basis van de verkregen data dezelfde conclusies trekken?), en stabiliteit van interpretatie (zal de onderzoeker de verkregen data op een ander tijdstip op dezelfde wijze interpreteren?). Er is in die zin sprake van intersubjectiviteit dat de conclusies op basis van de uitgebreide beschrijvingen en citaten in de hoofdstukken 5 t/m 7 zijn gecontroleerd door de beide begeleiders van het onderzoek. Er zijn geen onderzoekers betrokken geweest bij het lezen van de protocollen en het kiezen van de citaten, maar door de heldere structurering van de gesprekken en de regelmatige herhalingen van gedane beweringen, met name ook tijdens de evaluatie van de scholing, kunnen we stellen dat de interpretatie van de data betrouwbaar is geweest. Wat de stabiliteit van interpretatie betreft heeft het lezen en herlezen van de protocollen ertoe geleid dat de interpretaties daardoor alleen maar zijn verbeterd en verfijnd. Om de nauwkeurigheid van de interpretaties zoveel mogelijk te bewaken, is bij de analyse van de data en de keuze van de geciteerde fragmenten gebruik gemaakt van het dagboek van de coach-onderzoeker. Het feit dat de coach-onderzoeker naast onderzoeker ook ontwikkelaar, trainer en evaluator is in deze studie doet de vraag rijzen of deze verschillende rollen niet conflicteren. In de volgende paragraaf gaan we hier verder op in. Een andere manier die is toegepast om de betrouwbaarheid te vergroten is de data-triangulatie geweest. Dit is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 7. Een aanbeveling zou zijn om bij het voeren van de gesprekken supervisie te vragen van derden om eventueel de kwaliteit van de gesprekken te verhogen.

Interne validiteit

De interne validiteit heeft betrekking op het feit, of er gegevens verzameld zijn die in het licht van de onderzoeksvraag ook verzameld moesten worden, en ze ook een goede weergave zijn van datgene wat zich ook feitelijk in de praktijk heeft afgespeeld (Baarda, de Goede & Teunissen, 1997). Over het algemeen is kwalitatief onderzoek door de wijze van aanpak sterk in het bieden van garanties voor interne validiteit. De onderzoeks aanpak is bedoeld geweest

om de bestaande situatie en de ontwikkeling daarin zo natuurgetrouw mogelijk weer te geven. Zo is gekozen voor coaching op de werkplek, en is bij de observatie tijdens de lessen ervoor gezorgd dat het onderwijsleerproces zo weinig mogelijk werd verstoord. Wat betreft de validiteit van de gebruikte instrumenten (observaties, interviews, vragenlijsten) in relatie tot het centrale begrip 'kwaliteit van onderzoek' kan worden opgemerkt dat met name de interviews, die het grootste deel van de data hebben geleverd, door hun interactieve karakter deze validiteit voortdurend hebben bewaakt. Ook de data-triangulatie heeft, naast het streven naar betrouwbaarheid, tot de interne validiteit van het onderzoek bijgedragen. Niet alleen interviews, maar ook observaties en coachingsgesprekken hebben naast de lesmaterialen en de leerlingproducten in het onderzoek een rol gespeeld en zijn op elkaar betrokken.

Externe validiteit

Met externe validiteit wordt bedoeld of de conclusies overdraagbaar zijn naar vergelijkbare of overeenkomstige situaties, die niet zijn onderzocht (inhoudelijke generalisatie) (Baarda, de Goede & Teunissen, 1997). Over het algemeen is het zo dat de resultaten van een case-studie moeilijk generaliseerbaar zijn van de ene naar de andere case, en dat deze geringe generaliseerbaarheid een probleem vormt voor het doen van case-studies (Yin, 1994). Yin (1994) gebruikt in dat verband voor case-studies de term 'analytical generalization' voor het streven van de onderzoeker naar het generaliseren van een bepaalde serie resultaten naar een bredere theorie. In ons geval werd middels een case-studie binnen het kader van een ontwikkelingsonderzoek gekeken in hoeverre de analyse van de case bij heeft gedragen tot een aanscherpen van de lokale theorie over de vorm en inhoud van de scholing, hetgeen heeft geleid tot een 'betere' theorie, die op zijn beurt via een casestudie opnieuw zou kunnen worden verbeterd. Al deze lokale theorieën kunnen op hun beurt weer onderdeel zijn van, en bijdragen tot een algemene theorie over onderwijzen en leren. Zie bijvoorbeeld het theoretisch kader over de ontwikkeling van didactische structuren volgens een probleemstellende benadering (Lijnse, 2002). In dit onderzoek zijn de bevindingen over de scholing overigens congruent met resultaten uit ander scholingsonderzoek.

8.4.2 Enkele kanttekeningen bij deze studie

We gaan hieronder nader in op de volgende zaken:

- De rol van de coach-onderzoeker
- Het model van gekoppelde leerprocessen

De rol van de coach-onderzoeker

In het ontwikkelingsonderzoek van Thijs (1999) wordt de rol van de onderzoeker gekarakteriseerd als enerzijds die van een kritisch buitenstander (de rol van onderzoeker) en anderzijds als die van een enthousiasmerende participant (de rol van coach). In de rol van onderzoeker wordt afstand verwacht, objectiverend vermogen, en theoretisch en onderzoekstechnisch inzicht. In de rol van coach wordt kennis verwacht over het te scholen onderwerp, affiniteit

met het te geven onderwijs, het vermogen om mensen te motiveren en te stimuleren, en vaardigheid in het coachen van docenten. Hoewel de in deze dissertatie gebruikte term 'coach-onderzoeker' deze twee uitersten suggereert zouden we in ons onderzoek de rol van de onderzoeker veel breder willen zien. De onderzoeker is initiator van en participant in het onderzoek en is dus ook een lerende. Hij/zij ontwikkelt theorieën, leertrajecten, neemt deel aan het onderwijsleerproces, observeert, stimuleert, en evalueert. Het is een heel scala aan taken waarbinnen soms afstand wordt verwacht en soms betrokkenheid, maar vooral het vermogen om te reflecteren op het eigen handelen.

Het model van gekoppelde leerprocessen

Het model van gekoppelde leerprocessen, zoals beschreven in hoofdstuk 4, laat de complexiteit van dit type onderzoek zien. Wat in veel onderzoek gebeurt, is dat de focus teveel ligt op het onderwijs en de leereffecten bij de leerlingen, en dat de aansturing door de onderzoeker van de docent en diens leerproces te weinig aandacht krijgt. In dit onderzoek lag het zwaartepunt meer op de scholing en het leerproces van de docent en minder op de effecten bij de leerlingen. In feite was de didactiek van leren onderzoeken de van tevoren op basis van bepaalde uitgangspunten ontworpen inhoudelijke component van de scholing, en was het meten van het leereffect bij de leerlingen aanvankelijk zelfs geen onderzoeksdoel. We denken nu dat in dit type onderzoek niet te ontkomen valt aan de vraag wat deze inspanningen betekenen voor het leren en de leerresultaten van de leerlingen. Immers, de professionele ontwikkeling van docenten vindt zijn finale toets in het feit dat docenten in staat zijn om leerlingen te brengen tot volwaardig leren, waardoor zowel cognitieve als metacognitieve kennis en vaardigheden van leerlingen optimaal worden aangesproken en ontwikkeld.

8.5 SUGGESTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK

Een voor de hand liggende suggestie voor vervolgonderzoek betreft het toetsen en verder ontwikkelen van de ontwikkelde scholingsdidactiek. Daaraan voorafgaand zou verder onderzoek moeten plaatsvinden naar een adequate didactiek voor het leren onderzoeken in de onderbouw. Een probleem dat bij het onderwijs aan de orde kwam was de voorkennis die leerlingen in de onderbouw bezitten over het doen van onderzoek in het algemeen (research) en het zelf uitvoeren van een onderzoek op school in het bijzonder. Er werd gerefereerd aan literatuur, die zeker op dit terrein niet volledig is. Het is daarom gewenst om in de Nederlandse situatie voor alle typen onderwijs in de brugklas te inventariseren hoe leerlingen denken over onderzoek in het algemeen en over onderzoek dat ze zelf zouden uitvoeren. Het is daarbij van belang na te gaan in hoeverre leerlingen bekend zijn met aspecten van validiteit en betrouwbaarheid. Deze voorkennis vormt globaal het startpunt van waaruit docenten kunnen vertrekken als ze leerlingen willen leren onderzoeken. Daarnaast is het van belang een inventarisatielijst te ontwikkelen die voor een specifieke school- en klassesituatie kan inventariseren welke ervaringen leerlingen hebben met (aspecten van) onderzoek (bijvoorbeeld het schrijven van een verslag), en welke apparatuurvaardigheden leerlingen bezitten.

Een geheel ander terrein van onderzoek vormt het profielwerkstuk, zoals dat van leerlingen in de bovenbouw van het havo en vwo wordt geëist voor hun schoolexamen. Op dit terrein is en wordt al onderzoek verricht. Zie o.a. van Rens en Dekkers (2000), van der Waal (2000) (voor ontwerpgericht onderzoek), en de Vos en Genseberger (2000). De vraag is hoe hier aspecten van validiteit en betrouwbaarheid expliciet een rol moeten en kunnen spelen bij het leren onderzoeken, en hoe beoordelingsnormen ontwikkeld kunnen worden die daarmee te maken hebben. Voor het biologieonderwijs is onlangs een onderzoek gestart (Schalk, 2001).

In het verlengde van het voortgezet onderwijs ligt het universitaire onderwijs. Ook daar is en wordt voor de Nederlandse situatie onderzoek verricht naar hoe het practicum in de exacte vakken kan en moet worden gestructureerd. Voorbeelden van dergelijk onderzoek vinden we bij Goedhart (1990) als het gaat om het leren en onderwijzen van 'meten' bij het universitaire chemiepracticum, van Keulen (1995) over simulatie-van-onderzoek in de organische chemie, en Buning en Thijs (2000) over het opleiden van assistenten voor het begeleiden van het universitaire natuurkundepracticum.

8.6 SLOTWOORD

We zouden in dit slotwoord willen pleiten voor een integraal opnemen van leerlingonderzoek in de onderbouw. Niet om vakinhoudelijke concepten aan te leren zoals in 'discovery learning' de bedoeling was (Harris & Taylor, 1983), maar om de kritische zin van leerlingen met betrekking tot het vergaren van kennis te vergroten en hun nieuwsgierigheid te blijven prikkelen. Wat betekent dat nu voor de scholing van (aanstaande) docenten in de exacte vakken? Wanneer docenten in opleiding voorbereid moeten worden op hun taak als leraar, zullen ze in ieder geval in hun opleiding aandacht moeten hebben besteed aan het leerlingonderzoek. Dat betekent dat ze op de hoogte zijn van hun eigen opvattingen over onderwijsdoelen, over hun kennis over en vaardigheden in onderzoek, en over de voorkennis van leerlingen over het doen van onderzoek. Verder zullen mogelijke modellen voor een didactiek van leren onderzoeken met de docenten moeten worden ontwikkeld, en zullen ze onder begeleiding van de schoolpracticumdocent, die ook kennis heeft over en vaardigheden bezit in het doen van onderzoek met kwaliteit, ervaringen moeten opdoen met het toepassen van hun kennis op school door hun leerlingen onderzoek te laten doen en e.e.a. grondig te evalueren. De ontwikkelde ideeën in dit proefschrift over het werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek zou in onze ogen een belangrijke aanzet kunnen leveren voor de ontwikkeling van een module waarin (aanstaande) docenten op intensieve wijze betrokken kunnen worden bij het onderwijzen van hun leerlingen om onderzoek met kwaliteit op te zetten, uit te voeren en te evalueren.

LITERATUUR

AAAS (1967). *Science - A Process Approach (SAPA)*. USA: Michigan State University.

Abell, S. & Smith, D. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16 (4), 475-487.

ACLO Natuurkunde (1983). *Examenprogramma natuurkunde voor mavo*. Enschede: ACLO.

Adams, C. & Callahan, M. (1995). The reliability and validity of a performance task for evaluating science process skills. *Gifted Child Quarterly*, 39 (1), 14-20.

Adey, P., Shayer, M. & Yates, C. (1989). *Thinking Science: the materials of the CASE project*. Nelson.

Akker, J. van den (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Eds.): *Design approaches and tools in education and training*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Akker, J. van den & Bergen, Th. (1997). Het leren door docenten. *VELON-Tijdschrift voor Lerarenopleiders*, 18 (4), 26 - 33.

Alberts, R., Beuzekom, P. van & Roo, I. de (1986). The assessment of practical work: A choice of options. *European Journal of Science Education*, 8 (4), 361-369.

American Association for the Advancement of Science (1968). *Science - A Process Approach: commentary for teachers*.

Baarda, D. & Goede, M. de (1995). *Basisboek methoden en technieken*. Houten: Educatieve Partners Nederland.

Baarda, D. Goede, M. de & Teunissen, J. (1997) *Basisboek kwalitatief onderzoek*. Houten: Educatieve Partners Nederland.

Baird, J., Fensham, J., Gunstone, R. & White, R. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (2), 163-182.

Ballas, J. & Kielborn, T. (1997). *Teachers' immersion in authentic scientific research*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Oak Brook, Illinois, March 20-24, 1997.

- Bates, G. (1978). The role of the laboratory in secondary school science programs. In M.B. Rowe (Ed.): *What research says to the science teacher (Vol I)*. Washington D.C.: National Science Teachers Association.
- Beatty, J. & Woolnough, B. (1982). Practical work in 11-13 science: the context, type and aims of current practice. *British Educational Research Journal*, 8 (1), 23-31.
- Bell, B. & Gilbert, J. (1996). *Teacher development: a model from science education*. London: Falmer Press.
- Berg, E. van den (1994). Practicum: Wonderolie voor het leren van natuurkunde? In H. Eijkelhof e.a. (red.): *Practica: Verslag Woudschoten Conferentie 1994*. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde-Didactiek.
- Berg, E. van den & Buning, J. (1994). *Van practicum tot open onderzoek. Materiaal uit een cursus zelfstandige opdracht natuurkunde voor docenten en TOA's*. Amsterdam: VU.
- Berg, E. van den & Giddings, G. (1992). *Teaching in the laboratory: An alternative view*. Monograph. Perth: Science and Mathematics Education Centre, Curtin University of Technology.
- Berg, R. van den & Vandenberghe, R. (1995). *Wegen van betrokkenheid. Reflecties op onderwijsvernieuwing*. Tilburg: Zwijssen.
- Bergen, Th. (2001). Op zoek naar een krachtige leeromgeving voor docenten. In P. Leenheer, J. Kaldewaij & G. Westhoff (Eds.): *Meso-focus: over schoolorganisatie en onderwijsmanagement 40*. Houten: Educatieve Partners Nederland.
- Bergen, Th. (1999). *Op zoek naar een krachtige leeromgeving voor docenten*. Voordracht aan de Universiteit Utrecht.
- Bergen, Th. (1996). *Docenten scholen docenten: over de professionele ontwikkeling van docenten door middel van peer coaching*. Inaugurale rede KU Nijmegen. Nijmegen: KUN.
- Black, P. (1998). Assessment by teachers and the improvement of students' learning. In B. Fraser & K. Tobin (Eds.): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Black, P. & Ogborn, J. (1979). Laboratory work in undergraduate teaching. In McNally, D. (Ed.) *Learning strategies in university science*. University College Cardiff Press, ICSU Committee on the Teaching of Science, pp.161-201.
- Boekaerts, M. & Simons, P. (1993). *Leren en instructie*. Assen: Dekker & van de Vegt.

- Boersma, K. (1995). Constructivisme en curriculum. *Pedagogisch Tijdschrift*, 20 (4/5), 247-262.
- Bolam, R. (1982). *In-service education and training of teachers and educational change*. Paris: OECD.
- Bolhuis, S. (1995). *Leren en veranderen bij volwassenen: Een nieuwe benadering*. Bussum: Coutinho.
- Both, K. (1984). *Het ondersteunen van pedagogisch actie-onderzoek in scholen*. Hoevelaken: CPS.
- Boud, D., Dunn, J. & Hegarty-Hazel, E. (1989). *Teaching in laboratories*. Philadelphia: Open University Press.
- Brekelmans, M. & Wubbels, Th. (1990). Leerlingpercepties en de beoordeling van docenten. *Idee*, 12 (1), 9-17.
- Brickhouse, N. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11 (4), 437-449.
- Brickhouse, N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- Brouwers, T. (red.) (1995). *Natuur- en scheikunde in de basisvorming: een praktische uitwerking in lesvoorbeelden*. Zutphen: Thieme.
- Bryan, L. (1998). *Learning to teach elementary science: a case study of teacher beliefs about science teaching and learning*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, California, April 19-22, 1998.
- Bryce, T. & Robertson, I. (1985). What can they do? A review of practical assessment in Science. *Studies in Science Education*, 12, 2-24.
- Budding, F., Hellingman, K., Holl, E. & Jong, J. de (1992). De beoordeling van open onderzoek in de natuurkunde. *NVON-maandblad*, 16 (8), 324-330.
- Buning, J. & Thijs, G. (2000). Ontwikkelen van een strategie voor onderwijsassistenten om goede begeleiding te geven op het universitaire natuurkundepracticum. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 17 (2), 167-185.

- Buistraan, W. (1997). *Kamer in het studiehuis: onderzoekend leren bij de natuurwetenschappen*. Utrecht: APS.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: beliefs and knowledge. In D.Berliner & R.Calfee (Ed.): *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it works": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- Chalmers, A. (1997). *Wat heet wetenschap?* Meppel: Boom.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research methods in education*. London: Routledge Falmer.
- Commissie Fokker (1928). *Het onderwijs in de natuurkunde aan Gymnasia, Hoogere Burgerscholen en Lycea*. Groningen: Wolters.
- Commissie Reindersma (1934). *Natuurkundige proeven voor leerlingen (Deel I en II)*. Groningen: Wolters.
- Coonen, H. (1987). *Didactiek van de nascholing. Een introductie*. 's-Hertogenbosch: Landelijke Pedagogische Centra.
- Dana, T. & Tippins, D. (1998). Portfolio's, reflection and educating prospective teachers of science. In J. Fraser & K. Tobin (Eds.): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Dekkers, P. (1997). *Making productive use of student conceptions in physics education*. Dissertatie. Amsterdam: VU.
- Dekkers, P. & L. van Rens (1999). Drogen en rollen, hoe onderzoek je dat? *NVOX*, 24 (4), 171-175.
- Doelstellingencommissie (1982). *Herformulering examenprogramma natuurkunde voor havo en vwo*. Enschede.
- Donnelly, J. (1998). The place of the laboratory in secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 585-596.
- Driel, J. van & Akker, J. van den. (2000). Leren onderzoeken en ontwerpen in het natuurwetenschappelijk onderwijs: slotbeschouwing. *Tijdschrift voor Didactiek der Beta-wetenschappen*, 17 (1), 95-101.

- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, Ph. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Eijkelhof, H. & Schröder, J. (1996). Dertig jaar natuurkundedidactiek in Nederland. In P. Lijnse en Th. Wubbels (Red.): *Over natuurkundedidactiek, Curriculumontwikkeling en Lerarenopleiding. Een verzameling artikelen ter gelegenheid van het emeritaat van Herman Hooymeyers*. Utrecht: Cd3 Press.
- Ellermeijer, A. & Verkerk, G. (1980). Verslag enquête natuurkunde havo-vwo (3). *NVON-mededelingblad*, 5, 1-30.
- Ellermeijer, A. & Verkerk, G. (1979a). Verslag enquête natuurkunde havo-vwo (1). *NVON-mededelingenblad*, 4, 7-20.
- Ellermeijer, A. & Verkerk, G. (1979b). Verslag enquête natuurkunde havo-vwo (2). *NVON-mededelingenblad*, 4, 10-29.
- Elliott, J. (1996). *Action research for educational change*. Philadelphia: Open University Press.
- Engelen, A.J.A. (2002). *Coaching binnenstebuiten: Een onderzoek naar coaching van docenten door docenten*. Dissertatie. Nijmegen: KUN.
- Engelen, A.J.A. & Bergen, Th.C.M. (2001). *Onder welke condities is coaching een krachtige leeromgeving*. Nijmegen: Katholieke Universiteit Nijmegen, Instituut voor Leraar en School.
- Fairbrother, B. (1991). Principals of practical assessment. In B. Woolnough (ed.): *Practical Science: The role and reality of practical work in school science*. Buckingham: Open University Press.
- Fairbrother, B. (1989). Problems in assessment of scientific skills. In J. Wellington (ed.): *Skills and processes in science education*. London: Routledge.
- Falk, D., Keuchenius, D. & Saaltink, H. (1974). *De bioloog als leraar*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Feiner-Valkier, S. (1993). *Een programma van experimenten*. Enschede: SLO.

- Ferguson-Hessler, M.G.M. (1989). *Over kennis en kunde in de fysica*. Dissertatie. Eindhoven: TU.
- Feyerabend, P. (1970). *Against method*. London: Verso.
- Finlay, F. (1983). Science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 47-54.
- Foulds, K. & Gott, R. (1988). Structuring investigations in the science curriculum. *Physics Education*, 23, 347-351.
- Fraser, B. (1980). Development and validation of a test of enquiry skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 17 (1), 7-16.
- Fraser, B. & Tobin, K. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fuhrman, M., Lunetta, V., Novick, S. & Tamir, P. (1978). *Technical Report 14: the laboratory structure and task analysis inventory (LAI): A users' handbook*. Iowa: The University of Iowa.
- Fullan, M.G. (1993). *Change forces. Probing the depths of educational reform*. London: Falmer Press.
- Gabel, D. (Ed.) (1994). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: MacMillan.
- Garmston, R. J. (1987). How administrators support peer coaching. *Educational Leadership*, (feb.), 18-26.
- Genderen, D. van, Heij, Th. & Schröder, J. (1972). Leerplanontwikkelingsprojecten. I. Inleidend overzicht. *Faraday*, (42), 29-36.
- Genderen, D. van (1994). Practicum in Perspectief, 1924-1994. In H. Eijkelhof e.a. (red.): *Practica: Verslag woudschoten Conferentie 1994*. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde-Didactiek.
- Genderen, D. van & Schröder, J. (1973). Leerplanontwikkelingsprojecten voor natuurkunde. II. (Harvard) Project Physics. *Faraday*, (42), 91-102.

- Giddings, G., Hofstein, A. & Lunetta, V. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B. Woolnough (ed.): *Practical Science: The role and reality of practical work in school science*. Buckingham: Open University Press.
- Gilmer, P. (1997). *Teachers learning science by doing science*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Oak Brook, Illinois, March 20-24, 1997.
- Glickman, C.D. & Bey, T.M. (1990). Supervision. In: R.W. Houston, M. Haberman & J. Sikula (eds.). *Handbook of Research on Teacher Education*. New York: McMillan, 549-566.
- Goedhart, M. (1990). *Meten: normen en waarden*. Dissertatie. Utrecht: UU.
- Good, T. & Brophy, J. (1984). *Looking in classrooms* (3rd ed.). New York: Harper & Row.
- Gott, R. & Duggan, S. (1998). Understanding scientific evidence - Why it matters and how it can be taught. In M. Ratcliffe (Ed.): *ASE guide to secondary science education*. Cheltenham: Stanley Thornes LTD.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham /Philadelphia: Open University Press.
- Gravemeijer, K. (1993). Ontwikkelingsonderzoek als basis voor theorievorming. In R. De Jong & M. Wijers (red.): *Ontwikkelingsonderzoek. Theorie en praktijk. Verslag van de studiedag over ontwikkelingsonderzoek, georganiseerd door de werkgroep onderzoek van de NVORWO en NvW, 3 juni te Utrecht*. Utrecht: NVORWO.
- Gravenberch, F. (1998). *Eigen Experimenteel Onderzoek*. Enschede: SLO.
- Gravenberch, F. (1996). *Voorlichtingsbrochure havo/vwo: actuele stand van zaken invoering tweede fase Natuurkunde*. Enschede: SLO.
- Guskey, T. R. (1995). Professional development in education: in search of the optimal mix. In T.R. Guskey & M. Huberman: *Professional development in education: new paradigms and practices*. New York: Teachers College Press,
- Guskey, T. (1986). Staff development and the process of teacher change. *Educational Researcher*, 15 (5), 5-12.

- Haren, R. van, Lackamp, J.W., Pollmann, A. & Smits, Th. (1986). Handleiding voor open experimenteel onderzoek. *NVON-maandblad*, 12 (1), 33-35.
- Haren, R. van (1993). *Leerplandocument: Eigen Experimenteel Onderzoek*. Enschede: SLO.
- Haren, R. van & Smits, Th. (1992). EXO: ervaring te koop. *NVON Maandblad*, 17 (9), 432-433.
- Harris, D. & Taylor, M. (1983). Discovery learning in school science: the myth and the reality. *Journal of Curriculum Studies*, 15 (3), 277-289.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of experimental work in science education. *International Journal of Science Education*, 4 (1), 29-43.
- Hellingman, C. (1974). Practicum-instructies en wetenschappelijk denken. *Faraday*, 44, 63.
- Hellingman, C. (1973). Leren we onze leerlingen wetenschappelijk denken? *Faraday*, 42 (8), 145.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73 (264), 65-77.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in science. *School Science Review*, 73 (264), 65-77.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-218.
- Hogenbirk, P., Jager, J., Kabel - van den Brand, M. & Walstra, K. (1994). *Natuur- en scheikunde Overal 2mHV*. Houten: Educaboek.
- Jakeways, R. (1986). Assessment of A-level Physics (Nuffield) investigations, *Physics Education*, 21 (4), 212-214.
- Janssens, J. (1991). *'Ogen' doen onderzoek*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Johnsey, R. (1986). *Problem solving in school science*. London: Macdonald Educational.

- Johnson, P. & Gott, R. (1996). Constructivism and evidence from children's ideas. *Science Education*, 80 (5), 561-577.
- Jones, A., Simon, S., Black, P., Fairbrother, R. & Watson, J. (1992). *Open work in science: development of investigations in schools*. London: Centre for Educational Studies, King's College, University of London.
- Jonghe, H. de, Wezel, E. van & Veenman, S. (1996). *Het coachen van leerkrachten*. Hoevelaken: CPS.
- Josephy, R. (1986). Assessment of practical and experimental work in physics through OCEA. *Physics Education*, 21, 214-220.
- Joyce, B. & Showers, B. (1988). *Student achievement through staff development*. Longman: New York & London.
- Joyce, B. & Showers, B. (1980). Improving inservice training: the messages of research. *Educational Leadership*, 37, 379-385.
- Kamp, M. (2000). *Centrale concepten in het curriculum: het voorbeeld homeostase in het curriculum biologie van de bovenbouw vwo*. Dissertatie. Nijmegen: KUN.
- Kelchtermans, G. & Vandenberghe, R. (1994). Teachers' professional development: a biographical perspective. *Journal of Curriculum Studies*, 26 (1), 45-62.
- Kelder, C., Steller, J. & Zweers, E. (1958, 1959, 1962). *Doen en denken*, 3 dln., elk met docentenhandleiding. Groningen: Wolters.
- Keulen, H. van (1995). *Making sense*. Dissertatie. Utrecht: CD-β Press.
- Keys, C. (1997). *Understanding the concepts of freedom and privileging in inquiry teaching and learning*. Panel presentation at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Oak Brook, Illinois, March 20-24, 1997.
- Kirkpatrick, D.L. (1987). Evaluation. In: R.L. Craig: *Training and development handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Kirschner, P. (1991). *Practicals in higher science education*. Dissertatie. Utrecht: Lemma.
- Klaassen, C. (1995). *A problem posing approach to teaching the topic of radioactivity*. Dissertatie. Utrecht: CD-β Press.

- Koningsveld, H. (1993). *Het verschijnsel wetenschap: een inleiding tot de wetenschapsfilosofie*. Meppel: Boom.
- Korthagen, F. (1998). *Leraren leren leren*. Inaugurale rede. Amsterdam: Vossiuspers AUP.
- Korthagen, F. (1995). Het bevorderen van reflectie in groepen a.s. leraren. *VELON-tijdschrift voor lerarenopleiders*, 16 (2), 4-13.
- Korthagen, F. (1993). Het logboek als middel om reflectie door a.s. leraren te bevorderen. *VELON-tijdschrift voor lerarenopleiders*, 15 (1), 27
- Korthagen, F. (1990). Enkele ontwikkelingen in het onderzoek naar leren reflecteren als opleidingsprincipe: een evaluatie. *VELON-jaarboek 1990*, 27-40.
- Korthagen, F. & Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. *Educational Researcher*, 28 (4), 4-17.
- Kortland, J. (2001). *A problem-posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Dissertatie. Utrecht: Cd β Press.
- Kramers-Pals, H. (1994). *Leren oplossen van verklaringsproblemen in het scheikunde-onderwijs*. Dissertatie. Enschede: Universiteit Twente.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Kuiper, W. (1993). *Curriculumvernieuwing en lespraktijk: een beschrijvend onderzoek op het terrein van de natuurwetenschappelijke vakken in het perspectief van de basisvorming*. Dissertatie. Enschede: Universiteit Twente.
- Kuiper, W., Bos, K. & Plomp, Tj. (1997). *Wiskunde en de natuurwetenschappelijke vakken in leerjaar 1 en 2 van het voortgezet onderwijs. Nederlands aandeel in TIMSS populatie 2*. Enschede: OCTO (UT).
- Kwakman, K. (1999). *Leren van docenten tijdens de beroepsloopbaan*. Dissertatie. Nijmegen: KUN.
- Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakin, S. & Wellington, J. (1994). Who will teach the 'nature of science'? : teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 175-190.

- Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. Gabel (Ed.): *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: MacMillan.
- Licht, P. (1982). *Differentiatie binnen klasverband voor natuurkunde*. Dissertatie. Amsterdam: VU.
- Lijnse, P.L. (2002). *De ontwikkeling van didactische structuren volgens een probleemstellende benadering*. Intern notitie. Utrecht: UU.
- Lijnse, P.L. (1998). Curriculum development in Physics education. In Tiberghien e.a. (Ed.): *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE Book.
- Lijnse, P.L. (1995). 'Developmental research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science. *Science Education*, 79 (2), 189-199.
- Lijnse, P.L. (1994). Probleemoplossen en algemene vaardigheden: een poging tot discussie. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 12 (3), 246-260.
- Lijnse, P.L. (1985). Zijn natuurkundigen anders? *Tijdschrift voor Didactiek der Beta-Wetenschappen*, 3, 3-25.
- Lijnse, P.L. & Hooymayers, H. (1987). Natuurkunde-didactiek: een interdiscipline in ontwikkeling? In I. Mottier & M.J. de Vries, *Vakdidactisch beraat*. Zoetermeer: ALM.
- Lock, R. (1990). Open-ended, problem-solving investigations: what do we mean and how can we use them? *School Science Review*, 71 (256), 63.
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70 (250), 115-119.
- Lodewijks, J. (1993). *De kick van het kunnen. Over het arrangement en engagement bij het leren*. Inaugurale rede. Nijmegen/Tilburg: KUN/KUB.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 955-968.
- Lubben, F. & Millar, R. (1994). *A survey of the understanding of children aged 11-16 of key ideas about evidence in science*. PACKS Research Paper 3. York: University of York.
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Fraser, K. & Tobin, B. (eds.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers.

- Marx, R. W., Freeman, J., Krajcik, S. & Blumenfeld, P. (1998). Professional development of science teachers. In Fraser, B. & Tobin, K. (eds.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York - London: Routledge.
- Millar, R. (1999). *Teaching and learning about scientific enquiry*. Symposium at the Second International Conference of the ESERA, August 31- September 4, 1999, Kiel, Germany.
- Millar, R. (1998). Students' understanding of the procedures of scientific enquiry. In Tiberghien e.a. (Ed.): *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE Book.
- Millar, R. (1994). The development of practical work in the National Curriculum in England and Wales. In H. Eijkelhof e.a. (red.): *Practica: Verslag Woudschoten Conferentie 1994*. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde-Didactiek.
- Millar, R. (1991). A means to an end: the role of processes in science education. In B. Woolnough (ed.): *Practical Science: The role and reality of practical work in school science*. Buckingham: Open University Press.
- Millar, R. & Osborne, J. (1999). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: KCL.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F. & Tiberghien, A. (1999). 'Mapping' the domain: varieties of practical work. In J. Leach & A. Chr. Paulsen (eds.): *Practical work in science education. Recent research studies*, 33-59. Roskilde University Press.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F. & Tiberghien, A. (1998). *Labwork in science education. Working paper 1: A map of the variety of labwork*. European Commission TSER Programme Project PL 95-2005. <http://sir.univ-lyon2.fr/GRIC-COAST/Labwork/wp1/LSE-WP1.html>
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R. & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-249.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Ministerie van Onderwijs en wetenschappen (1979). *Definitieve programma's eindexamens vwo-havo-mavo. Publicatie 92*. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
- Minnaert, M. (1924). *Natuurkunde in leerlingenproeven*. Groningen: Noordhoff.

- Munby, H. & Russell, T. (1987). *Metaphor in the study of teachers' professional knowledge*. Paper op het congres van de British Educational Research Association in Lancaster.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *J. Curriculum Studies*, 19 (4), 317-328.
- Newton, D. & Newton, L. (1992). Young children's perceptions of science and the scientist. *International Journal of Science Education*, 14 (30), 331-348.
- Nichols, S., Tippins, D. & Wieseman, K. (1997). A toolkit for developing critically reflective science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 8 (2), 77-106.
- Nott, M. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 807-818.
- Novak, D. & Gowin, B. (1993). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ogborn, J. (1997). Constructivist metaphors of learning science. *Science & Education*, 6, 121-133.
- Oja, S. & Smulyan, L. (1989). *Collaborative action research: a developmental approach*. London: The Falmer Press.
- Os, M. van (1998). Leerlingen helpen bij het doen van onderzoek 6: Een vakjargon voor onderzoek. *Impuls*, 5 (3).
- Pajares, M. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62 (3), 307-332.
- Patton, M.Q. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. London: Sage.
- PBN (1986). *Projectplan voor het Project Bovenbouw Natuurkunde*. Kenmerk 24/3639/86-164a/b/21. Zoetermeer: Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen.
- Peters, J.J. e.a. (1985). *Opleidings- en nascholingsdidactiek*. Amsterdam/Brussel: Elsevier.
- Physical Science Study Committee (1960). *Physics*. Boston: Heath & Co.
- PLON (1981). *AVOL: ijs water stoom*. PLON: RUU.

- Popper, K. (1934). *Logik der Forschung*. Gepubliceerd in het Engels (1959) als *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson.
- Reiman, A.J. & Thies-Sprinthall, L. (1997). *Mentoring and supervision for teacher development*. New York: Addison- Wesley Longman.
- Rennspies, P. (1996). *Open onderzoek onderzocht: de rol van de docent bij het verwerven van onderzoeksvaardigheden*. Leeronderzoek UNILO KUN/KUB.
- Rens, E. van & Dekkers, P. (2000). Leren onderzoeken - de rol van de docent. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 17 (1), 76-94.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and believes in learning to teach. In John Sikula (Ed.): *Handbook of research on teacher education*. New York: Macmillan Library Ref. USA.
- Richardson, V. & Placier, P. (2001). Teacher change. In Virginia Richardson (Ed.): *Handbook of Research on Teaching* (4th ed., pp. 905-947). Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Richert, A. (1987). *Using cases to promote reflection: a comparison of case methods in teacher education*. Paper op het congres van de British Educational Research Association in Lancaster.
- Robbins, P. (1991). *How to plan and implement a peer coaching program*. Alexandria: ASCD.
- Robertson, I. (2001). Generating hypotheses in scientific enquiry. In H. Behrendt e.a. (eds): *Research in science education - Past, present, and future*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rotheram, K. (1987). Guided investigation. *School Science Review*, June 1987, 631-635.
- Schalk, H. (2001). *Onderzoeksplan*. Amsterdam: IDO/VU.
- Schimmel, P. & Payens, E. (1995). Zelfstandig open onderzoek in 6 VWO. *NVOX*, 20 (9), 440-442.
- Schön, D.A.(1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Schön, D.A.(1983). *The reflective practitioner: how professionals think in action*. Hampshire: Arena.

- Schröder, J. & Genderen, D. van (1975). Leerplanontwikkeling voor natuurkunde. V. Nuffield Advanced Science Project: Physics. *Faraday*, (44), 99-107.
- Schröder, J. (1975). *De funktie van het practicum in de leerstofopbouw. Verslag van de vakantiecursus natuurkunde*. Groningen.
- Schwab, J. (1968). The concept of the structure of a discipline. In L. Hebert & W. Murphy (Eds.): *Structure in the social studies*. Washington, D.C.: National Council for the Social Studies.
- Schweers, J. & Vianen, P. van (1968). *Natuurkunde op corpusculaire grondslag*. 's-Hertogenbosch: Malmberg.
- Screen, P. (1986). The Warwick Process Science Project. *School Science Review*, 86 (232), 12-16.
- Showers, B. (1985). *Teachers coaching teachers*. Educational Leadership, 42 (2), 43-48.
- Showers, B. & Joyce, B. (1996). The evolution of peer coaching. *Educational Leadership*, 42 (2), 43-48.
- Showers, B., Joyce, B. & Bennet, B. (1987). Synthesis of research on staff development: A framework for future study and a state-of-the-art analysis. *Educational Leadership*, 45, 77-87.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations for the new reform. *Harvard Educational review*, 57 (1), 1-22.
- Sikkeldam, R. (1998). *Handleiding profielwerkstuk*. Arnhem: CITO.
- Simon, S. & Jones, A. (1992). *Open work in science: a review of existing practice*. London: King's College.
- Smits, Th. (1997). Kwaliteit van open onderzoek: criteria voor begeleiding en beoordeling. *NVOX*, 22 (7), 334-337.
- Smits, Th. (1995). Open onderzoek in actie: docenten over hun open onderzoek met leerlingen in de onderbouw natuurkunde. *NVOX*, 20 (8), 387 - 391.
- Smits, Th., Lijnse, P. & Bergen, Th. (2000). Kwaliteit van leerlingonderzoek. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 17 (1), 14-30.
- Smits, Th. & Berg, E. van den (1998). Hoe dik is vla? Het belang van validiteit en betrouwbaarheid bij open onderzoek. *NVOX*, 23 (3), 116-118.

- Sprinthall, N.A., Reiman, A. & Thies-Sprinthall, L. (1996). Teacher professional development. In J. Sikula, T. Buttery & E. Guyton (Eds.): *Handbook of Research on Teacher Education*. New York: Macmillan Library Reference.
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (1997). Artikel 484: Besluit kerndoelen en adviesuren tabel basisvorming 1998-2003. Den Haag: Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen.
- Standaert, R. & Troch, F. (1994). *Leren en onderwijzen: inleiding tot de algemene didactiek*. Leuven/Amersfoort: Acco.
- Steens, S. & Parra, B. de la (1980). *Aspecten van kiezen*. Utrecht: PLON.
- Steller, J.P. (1974). En toch een practicumhandleiding. *Faraday*, 44, 76.
- Steller, J.P. (1973). Zijn gedetailleerde practicuminstructies strijdig met leren wetenschappelijk te denken? *Faraday*, 43, 105.
- Steller, J.P. (1965). *Handigheid of inzicht: Onderzoek naar de resultaten van het natuurkundep practicum bij het v.h.m.o.* Dissertatie R.U.U.
- Stokking, K.M. & Schaaf, M.F. van der (2000). *Ontwikkeling en beoordeling van onderzoeksvaardigheden*. Utrecht: ISOR.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO (1995). *Advies Examenprogramma's havo en vwo: Biologie, Natuurkunde, Scheikunde*. Enschede: SLO.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO (1994). *De Tweede Fase vernieuwt: scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs, deel 2*. Den Haag: Min. O&W.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO (1993). *Tweede fase, scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs*. Zoetermeer: Min. O&W.
- Swain, J. (1989). The development of a framework for the assessment of process skills in a Graded Assessments in Science Project. *International Journal of Science Education*, 11 (3), 251-259.
- Taconis, R. & Ferguson-Hessler, M. (1994). Het belang van probleemoplossen voor het onderwijs in technische en exacte vakken. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 12 (3), 172-194.

- Taconis, R. (1995). *Understanding based problem solving*. Dissertatie. Eindhoven: Technische Universiteit.
- Tamir, P. (1991). Professional and personal knowledge of teachers and teacher educators. *Teaching & Teacher Education*, 7 (3), 263-268.
- Tamir, P. (1989). Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, 73 (1), 59-69.
- Terwel, J., Vermeulen, A. & Volman, M. (1997). Vernieuwingsbewegingen in de exacte vakken. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 14 (1), 3-29.
- Thijs, A. (1999). *Supporting science curriculum reform in Botswana: the potential of peer coaching*. Dissertatie. Enschede: UT.
- Tilburg, P. van, Verloop, N. & Vermunt, J. (1998). *Teachers' knowledge and beliefs about the teaching of inquiry skills*. Paper van de NARST Annual Meeting San Diego, CA.
- Tilburg, P. van (red.) (1999). *Leerlingen leren onderzoeken*. Loenen aan de Vecht: Edumedia bv.
- Toh, K. & Woolnough, B. (1990). Assessing, through reporting, the outcomes of scientific investigations. *Educational Research*, (32), 1, 59-65.
- Tromp, J. & Rietmeijer, E. (1989). *De aanpak van onderzoek*. Houten/Antwerpen: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Tulder, M. van (1992). *Nascholing en onderwijsvernieuwing*. Dissertatie. Nijmegen: KUN.
- UNILo KUN/KUB (1996). *Zelfevaluatie-rapport 1991-1995*. Nijmegen: Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Ven, P. van de (1996). *Moedertaalonderwijs*. Dissertatie. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Verkerk, G. (1983). *Het praktikum in het schoolonderzoek natuurkunde*. Dissertatie THE. Apeldoorn: van Walraven.
- Verloop, N. (1995). De leraar. In J. Lowyck & N. Verloop (Ed.): *Onderwijskunde, een kennisbasis voor professionals*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Vianen, P. van (1969). Kan het practicum ook anders? *Faraday*, 39 (2), 66.

- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-222.
- Vollebregt, M. (1998). *A problem posing approach to teaching an initial particle model*. Dissertatie. Utrecht: CD-β Press.
- Vos, W. de & Genseberger, R. (2000). 'Onderzoek doen' in de natuurwetenschappelijke vakken. *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 17 (1), 4-13.
- Vries, de (1979). Enquête over de keuze-onderwerpen vwo natuurkunde. *NVON-mededeling-enblad*, 4, 8-23.
- Waal, S. van der (2000). Docenten en technisch ontwerpen binnen het profiel Natuur & Techniek. *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 17 (1), 45-59.
- Walberg, H.J. (1986). Synthesis of research on teaching. In M. Wittrock (Ed.): *Handbook of Research on Teaching* (3rd ed., pp. 214-229). New York: Macmillan.
- Watson, J. (1994). Students' engagement in practical problem solving: a case study. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 27-43.
- Watson, R. (1997). ASE-King's Science Investigations in Schools Project: Investigations at Key Stages 2 and 3. *Education in Science*, 171, 22-23.
- Watson, R, Goldsworthy, A. & Wood-Robinson, V. (1999). What is not fair with investigations. *School Science Review*, March 1999.
- Watts, M. (1991). *The science of problem solving: a practical guide for science teachers*. London: Cassell Educational Ltd.
- Weade,, R. & Ernst, G. (1987). *Through the camera's lens: pictures of classroom life and the search for metaphores to frame them*. Paper op het congres van de British Educational Research Association in Lancaster.
- WEN (1988). *Examenprogramma natuurkunde VWO en HAVO*. Enschede.
- Werkgroep Natuurkunde-Didactiek (1972). *Verslag van de konferentie Woudschoten*. Utrecht: WND.
- Werkgroep Natuurkunde-Didactiek (1977). *Het eindexamen natuurkunde voor VWO en HAVO; schoolonderzoek en CSE. Verslag van de konferentie Woudschoten 1977*. Utrecht: WND.

- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1986). *Basisvorming in het onderwijs. Rapport 27*. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
- White, R. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 761-774.
- Wierstra, R. (1990). *Natuurkundeonderwijs tussen leefwereld en vakstructuur*. Dissertatie. Utrecht: CD-β Press.
- Wilmans, J. (1976). Zelfstandig onderzoek in het schoolonderzoek. *Faraday*, 45 (5), 119.
- Woolnough, B. (1989). Towards a holistic view of processes in science education. In J. Wellington (ed.): *Skills and processes in science education*. London & New York: Routledge.
- Woolnough, B. (1983). Exercises, investigations and experiences. *Physics Education*, 18, 60-63.
- Woolnough, B. (1976). Practical work in sixth-form physics. *Physics Education*, 11, 392.
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yin, R.K. (1994). *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks: SAGE Publications

BIJLAGEN

Bijlage 2.1 - De 'concepts of evidence' (Gott & Duggan, 1995).

<i>Concepts of evidence</i>		<i>Definition</i>
Associated with design	Variable identification	Understanding the idea of a variable and indentifying the relevant variable to change (the independent variable) and to measure (the dependent variable).
	Fair test	Understanding the structure of the fair test in terms of controlling the necessary variables and its importance in relation to the validity of any resulting evidence.
	Sample size	Understanding the significance of an appropriate sample size to allow, for instance, for probability or biological variation.
	Variable types	Understanding the distinction between categoric, discrete, continuous and derived variables and how they link to different graph types.
Associated with measurement	Relative scale	Understanding the need to choose sensible values for quantities so that resulting measurements will be meaningful. For instance, a large quantity of chemical in a small quantity of water causing saturation, will lead to difficulty in differentiating the dissolving times of different chemicals.
	Range and interval	Understanding the need to select a sensible range of values of the variables within the task so that the resulting line graph consists of values which are spread sufficiently widely and reasonably spaced out so that the 'whole' pattern can be seen. A suitable number of readings is therefore also subsumed in this concept.
	Choice of instrument	Understanding the relationship between the choice of instrument and the required scale, range of readings required, and their interval (spread) and accuracy.
	Repeatability	Understanding that the inherent variability in any physical measurement requires a consideration of the need for repeats, if necessary, to give reliable data.
	Accuracy	Understanding the appropriate degree of accuracy that is required to provide reliable data which allow a meaningful interpretation.
Associated with data handling	Tables	Understanding that tables are more than ways of presenting data after they have been collected. They can be used as ways of organising the design and subsequent data collection and analysis in advance of the whole experiment.
	Graph type	Understanding that there is a close link between graphical representations and the type of variable they are to represent. For example, a categoric independent variable such as type of surface, cannot be displayed sensibly in a line graph. The behaviour of a continuous variable, on the other hand, is best shown in a line graph.
	Patterns	Understanding that patterns represent the behaviour of variables and that they can be seen in tables and graphs.
	Multivariate data	Understanding the nature of multivariate data and how particular variables within those data can be held constant to discover the effect of one variable on another.
Associated with the evaluation of the complete task	Reliability	Understanding the implications of the measurement strategy for the reliability of the resulting data: can the data be believed?
	Validity	Understanding the implications of the design for the validity of the resulting data: an overall view of the task to check that it can answer the question

Bijlage 5.1 - Het PEO-formulier**Voorkant****Practicum Eigen Onderzoek**

naam/namen:.....

opmerkingen docent:

klas: Datum PEO les:.....

(eerst met potlood invullen)

Onderzoeksvraag:

.....

.....

Veronderstellingen: Normering

.....

.....

.....

Paraaf:

Achterkant**Benodigd materiaal**

Wij willen op (datum) tijdens/na de les (lesuur)

opmerkingen docent

graag de volgende spullen komen ophalen. We willen deze

spullen:

☐ gebruiken tijdens de les☐ gebruiken op school, buiten de les☐ thuis gebruiken *(maximaal een dag of weekend)*

aantal

item

.....

.....

.....

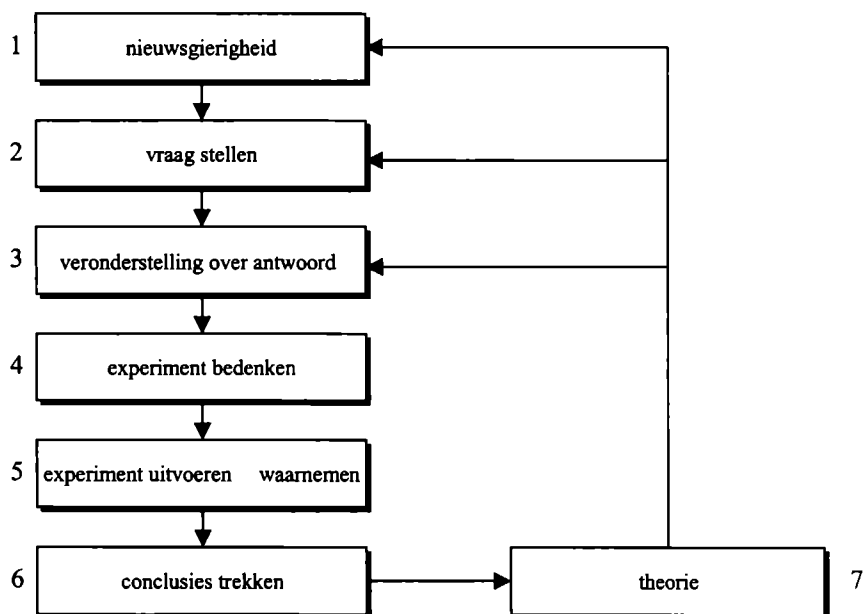
(niet invullen)

Datum uitgifte:

Paraaf:

Datum terugkomst:

Staat materiaal: O V G

Bijlage 5.2 - De natuurwetenschappelijke methode volgens Natuurkunde Overal

Bijlage 5.3 - Het werkblad

NAMEN:	GROEPSNR:	KLAS:
		DOCENT:
		DATUM:

*Opmerkingen docent***DE ONDERZOEKSVRAAG****Onze onderzoeksvraag luidt (eerst met potlood!):**

.....

We denken dat we als antwoord zullen vinden:**Dat denken we om de volgende reden:**

.....

PLAN VAN AANPAK**WE GEBRUIKEN DE ONDERSTAANDE OPSTELLING:**

(maak een duidelijke tekening)

WE GAAN HET VOLGENDE DOEN:

(Beschrijf hoe je het onderzoek gaat aanpakken, wat je gaat meten met welke instrumenten)

WE HEBBEN DE ONDERSTAANDE SPULLEN NODIG:

(omcirkel school of zelf):

..... (school/zelf)

..... (school/zelf)

..... (school/zelf)

..... (school/zelf)

..... (school/zelf)

..... (school/zelf)

WE VERWACHTEN DE VOLGENDE PROBLEMEN:

Bijlage 6.1 - De definitieve onderzoeksvragen

Ronde 1 Marco

- 1M01 Heeft de hoek en/of de lengte van een 1 meter lange baan invloed op de snelheid van een kleine bal?
- 1M02 Staat de dikte van een vloeistof 1 vla 2 water 3 stroop 4 shampoo in verband met het aantal liters die een droge spons van die vloeistoffen opneemt?
- 1M03 Wat gebeurt er wanneer je 1, 3 of 5 gram zout of suiker op 6 cm³ ijs strooit? Als het ijs smelt, smelt het dan sneller met of zonder suiker of zout in het klaslokaal?
- 1M04 Welke van de volgende ballen stuiter het langst pingpongbal, golfbal, hockeybal, stuiterbal, tennisbal, metalen balletje, houten balletje, kleine piepschuimbal, grote piepschuimbal?
- 1M05 Kunnen geluidstrillingen zo sterk zijn dat ze een kaartenhuis kunnen laten instorten?
- 1M06 Wij wilden graag weten hoever een ijsblokje gesmolten is onder een lamp van 80 watt na 6 minuten Wij legden dus een ijsblokje onder de lamp die 5, 10 en 15 centimeter van het ijsblokje was verwijderd Wij doen deze proef ook zonder lamp om te kijken of het wel verschil maakt
- 1M07 Waardoor wordt de roltijd beïnvloed? De roltijd is de tijd die de bal nodig heeft om het traject af te leggen Het traject is een rechte goot van een bepaalde lengte onder een bepaalde hoek
- 1M08 Daalt de zeespiegel als een ijsberg smelt?
- 1M09 Op welk materiaal reflecteert laserlicht het beste?
- 1M10 Hebben de temperatuur van het water en de stof in de filter invloed op het doorlopen van het water?
- 1M11 Hoe goed geleidt zout water stroom?
- 1M12 Rekken lange of korte veren verhoudingsgewijs het meeste uit?

Ronde 1 Sander

- 1S01 Welke hoeveelheden van bepaalde stoffen lossen op in water? En is dit verschillend bij water van verschillende temperatuur? Stoffen zijn basterdsuiker en keukenzout
- 1S02 Welke materialen geleiden goed en welke helemaal niet?
- 1S03 Hoeveel volume moet een glas hebben om een waxinelichtje er 30 seconden onder te laten branden?
- 1S04 Wat gebeurt er met de tijd die water nodig heeft om tot een temperatuur van 100 °C te komen wanneer je bij elke meting 3 gram zout toevoegt?
- 1S05 Verandert de geluidssterkte als je verschillende aantallen vellen papier voor een luidspreker houdt?
- 1S06 Wat gebeurt er met de afmetingen van de schaduw van de kubus (5x5x5 cm) als je de kubus dichtbij of verder weg van de lichtbron (lamp) houdt?
- 1S07 Wat gebeurt er als je een fles met koud, helder water op zijn kop op een fles met warm water met inkt plaatst?
- 1S08 Welke kleur absorbeert het beste warmte?
- 1S09 Wat is het verband tussen de kracht waarmee je aan het elastiek trekt en de afstand die het wegschiet?
- 1S10 Is er verband tussen het gewicht en de tijd van een wagentje dat van een plank afrijdt?

Ronde 2 Marco

- 2M01 Heeft de oppervlakte van een ijzeren plaatje invloed op de oppervlaktespanning en hoeveel N oppervlaktespanning is er op 1 cm²?
- 2M02 Wij willen graag weten hoeveel water er ontsnapt tijdens 1, 2, 3, 4 en 5 minuten koken en daar het verschil tussen
- 2M03 Is de lengte van een stuk garen bepalend voor het knappen van het garen waaraan je hetzelfde gewicht hebt gehangen? We meten met stukjes garen van 10, 20, 30 en 40 cm
- 2M04 Welk blokje heeft het minste luchtweerstand? Wat heeft dat voor een invloed op de snelheid van de auto?
- 2M05 Welke van de volgende drie lampen gebruikt het meeste energie, en welke het minste t o v de lichtopbrengst?

- 2M06 Welke verschillen kunnen we aantonen van vier verschillende wasmiddelen bij wijn- en inktvlekken?
- 2M07 Welk materiaal lost het snelst op in een maatglas met 10% zoutzuur? (roestvrijstaal, glas, aardewerk, karton, katoen, PVC)
- 2M08 Hoeveel gram moeten we aan de volgende staven hangen om ze één centimeter te laten doorbuigen, kartonnen staaf, metalen staaf, houten staaf en een plastieken liniaal.
- 2M09 Is er een verschil tussen het gewicht van een ding onder water en boven water. Wat is het verschil en is er een verband tussen?
- 2M10 In welke producten zit glucose en in welke niet?
- 2M11 Bij welke vloeistof (water, vanilleleva, dreft) is het verschil van de waterspiegel het grootst, als je er een spons in stopt.
- 2M12 Welke van deze stoffen kookt het snelst (in tijd gemeten): water, melk, yoghurt, cola, afwasmiddel? (hoeveelheid = 1 dl)

Ronde 2 Sander

- 2S01 Is er een verband tussen de afstand van de lamp naar het blokje en de breedte van de schaduw van het blokje?
- 2S02 Wat is het verband tussen de tijd dat een fles leegloopt en de lengte van de slang die eraan zit?
- 2S03 Is er een verband tussen de grootte van een ballon en de afstand die hij aflegt, als je de lucht laat ontsnappen? Zo ja, welke?
- 2S04 Is er een verband tussen de tijd waarmee vier blikken leegstromen en de oppervlakte van de gaten die erin zitten?
- 2S05 Hoe groot is de treksterkte van een stuk garen van 30 cm?
- 2S06 Wat is het effect dat 5 gram, 10 gram en 15 gram zout geeft op de tijd die 50 ml water nodig heeft om tot 90 °C te stijgen?
- 2S07 Welke soorten kunststof, met verschillend gewicht, blijven wel drijven en welke soorten kunststof zinken en heeft dit te maken met het gewicht?
- 2S08 Is er een verband tussen het gewicht van een voorwerp en de minimale afstand vanwaar dit voorwerp door dezelfde magneet wordt aangetrokken? En is dit verband recht evenredig?
- 2S09 Heeft een hoeveelheid water van 40 cl sneller een temperatuur van 50 graden Celsius in een pan met een groter wateroppervlak dan in een pan met een kleiner wateroppervlak als je deze verhit met een zelfde vlam? Zo ja, is er een verband te vinden?
- 2S10 Is er een verband tussen de hoeveelheid water die aan de kook gebracht wordt, en de hoeveelheid gas dat daarvoor nodig is?

Ronde 3 Marco

- 3M01 Is de hoeveelheid metaal, (in gram) die aan een elektromagneet hangt recht evenredig aan de stroomsterkte (in ampère) die op een elektromagneet staat?
- 3M02 Heeft de massa van een voorwerp invloed op de valtijd?
- 3M03 Wat beïnvloedt de wijze waarop een balletje indeukt als je het op een van tevoren bepaalde ondergrond laat vallen?
- 3M04 Is er een recht evenredig verband tussen de hoeveelheid van water/yoghurt en de tijdsduur tot het kookpunt met dezelfde begintemperatuur?
- 3M05 a Golven opwekken bij een gespannen draad
b Onderzoeken waar de voortplantingssnelheid vanaf hangt
- 3M06 Als je jus lang laat staan stolt het. Hebben bepaalde vloeistoffen (melk, cola en water) invloed op de tijd van dit stollen?
- 3M07 Heeft de temperatuur van warmte invloed op de snelheid waarmee de volgende stoffen oplossen: melkpoeder, suiker, zout, meel.

- 3M08 Hangt de geluidssterkte (gemeten in decibellen) af van het materiaal van de draad en is het van invloed of je de draad gespannen houdt of niet tussen de blikjes. En als je er iets aanhangt, wordt de geluidssterkte daar beter of slechter door of blijft het hetzelfde?
- 3M09 Wat is het verschil tussen de zwaartekracht en de opwaartse kracht van water? En is er misschien ook een verband?
- 3M10 Welke vloeistoffen geleiden elektriciteit goed? De vloeistoffen zijn melk, water + zout, azijn, stroop, afwasmiddel
- 3M11 Wat is het verband tussen de lengte en de frequentie van een gitaarsnaar?
- 3M12 Heeft het gewicht van een stukje plastic invloed op de tijd waarmee het in water naar beneden zakt?
- 3M13 Hoeveel graden stijgt het water van 50 ml in een aluminium, een plastic en een porseleinen beker met een lamp van 60 watt, die tegen de beker aan schijnt in 5 minuten? En welke heeft de grootste temperatuurstijging?

Ronde 3 Sander

- 3S01 Is er verband tussen het aantal graden dat de kraan open is gedraaid en de snelheid waarmee het water stroomt? (360° is een omwenteling)
- 3S02 Hoe groot is de opwaartse kracht die in verschillende vloeistoffen van 50 ml (water, water met zout, slaolie en yoghurt) op een blokje van 100 gram werkt en wat is het volume van de verplaatste vloeistof?
- 3S03 Is er verband tussen de massa van het wagonnetje, de hoogte van de aanloop en de snelheid onderaan de aanloop? En tussen de massa en de (minimum) snelheid waarmee hij de looping haalt?
- 3S04 Wat is het verband tussen de kleur van een voorwerp (in dit geval een vouwblaadje), en hoe warm deze wordt na 60s
- 3S05 Neemt de snelheid van een karretje dat van een helling afrijdt progressief, degressief of recht evenredig toe?
- 3S06 Wat is het verband tussen de hoek van twee touwen waar een gewichtje aan hangt en de kracht die op die touwen werkt?
- 3S07 Wat is het verband tussen de diepgang en de lading van de boot?
- 3S08 Wat is het verband tussen de afstand tot het draaipunt en de kracht die je nodig hebt om te trekken?
- 3S09 Wat is het verband tussen de temperatuurdaling van water (ΔT_{water}) en de diameter van het bakje waar het water in zit (cm) (de bakjes zijn gelijkvormig)?
- 3S10 Hoe groot is de invloed van het gebruik van een deksel bij het verwarmen van water op het rendement?
- 3S11 Is er een verband tussen de hoeveelheid zout in een maatbeker met gedestilleerd water van 250 ml en de stroomsterkte die het afgeeft? Zo ja, welk verband? En hoe zit het als je cola neemt in plaats van water?
- 3S12 Wat is het verband tussen het volume van een loden knikker en de snelheid waarmee hij van een baan van 30 cm afrolt met hoogtes van 10 cm, 12,5 cm, 15 cm
- 3S13 Van welke factoren hangt de opwaartse kracht af?

Ronde 4 Marco

- 4M01 Is er een verband tussen de zwaarte van de bal en het aantal cm's dat de bal terugkomt?
- 4M02 Hoe ver wordt een veerunster uitgetrokken wanneer je er ijzeren blokken aanhangt van verschillend gewicht en aan deze blokken weer een magneet? En beïnvloed het gewicht van de blokken dit?
- 4M03 Is er een rechtevenredig verband tussen de tijd die een blaadje papier nodig heeft om de grond te bereiken en de grootte van het blaadje? Er is wel vaste relatie tussen de grootte van de blaadjes. We hebben 1/1 blaadje genomen, een 1/2 blaadje, 1/4 blaadje, 1/8 blaadje, 1/16, 1/32 en 1/64 blaadje. De vernieuwingsfactor was dus telkens 1/2
- 4M04 Als je een papierenrol met dezelfde omtrek en dezelfde hoogte van 1 meter hoogte laat vallen met daaraan verschillende gewichtjes, hangt de grote van de indeuking dan af van het gewicht dat eraan hangt of niet? Zo ja, is er dan een verband?
- 4M05 Wat is het verband tussen de krachten op twee Newton-meters en hun hoek?
- 4M06 Is de hoeveelheid spanning die we op een lamp zetten rechtevenredig met de hoeveelheid licht die eraf komt?

- 4M07 Wat is het verband tussen de luchtdruk (bar) en volume (cm³) van lucht?
- 4M08 Wat is de kracht waarmee een bepaalde hoeveelheid lucht omhooggaat in water?
- 4M09 Hebben het gewicht en de diameter van een knikker invloed op de afstand die een knikker van een baan vliegt?
- 4M10 Wat is de gemiddelde snelheid van een balletje dat over een rail loopt, en wat beïnvloedt die?
- 4M11 Heeft de snelheid van een straal water invloed op de snelheid van het rad? En heeft het invloed als de bakjes zo of zo hangen?
- 4M12 Wat is de invloed van de hoek van de baan en de snelheid van het karretje en wat is de versnelling? Heeft het gewicht van het karretje ook invloed op de snelheid en de versnelling ervan?
- 4M13 Is de verhouding tussen de afstand van een geluidsbron rechtewegredig aan de hoeveelheid dB die je op die afstand meet? [niet ingeleverd]
- 4M14 Welke tonen kan ik maken met (primitieve) luidspreker? [niet ingeleverd]

Ronde 4 Sander

- 4S01 Welke kleur fles absorbeert de meeste warmte: rood, geel, blauw of zwart?
- 4S02 Hoe hangt de rolwrijvingskracht (Fr) op een fiets af van de gewichtskraft (Fg) van de fiets met de fietser op het wegdek?
- 4S03 1. Wat is het verband tussen de lengte en de weerstand van constantaandraad als je er een spanning van 1 volt op zet?
2. Wat is het verband tussen de dikte en de weerstand van constantaandraad als je er een spanning van 1 volt op zet?
- 4S04 Is er een verband tussen de valtijd (s) en de oppervlakte (cm²) van een parachute?
- 4S05 Wat is het verband tussen het gewicht van de lading van de auto en de snelheid van de auto?
- 4S06 Is er een verband tussen het gewicht van een bal en de afstand die hij door de lucht aflegt en is er een verband tussen de aanloopafstand en de vliegafstand van de knikker?
- 4S07 Wat is het verband tussen de hoogte waarvan je een knikker van een baan laat rollen en de afstand van het einde van de baan tot waar de knikker neerkomt, en wat gebeurt er als je een knikker met een andere massa neemt, en wat is de snelheid van de knikker aan het eind van de baan?
- 4S08 Wat is het verband tussen de hoek die twee planken met elkaar maken (30, 60 en 90 graden) en de snelheid, waarbij de hellingshoek 10, 20 of 30 graden is?
- 4S09 Wat is het rendement van een stofzuiger?
- 4S10 Wat is het verband tussen de snelheid waarmee een NI-TI-legering (geheugendraad) inkrimpt en het voltage, bij verschillende lengtes?
- 4S11 Met welke snelheid moet een gewicht draaien aan een zweefmolen, zodat het 'touw' waaraan het gewicht hangt een hoek maakt van 45° met de draai-as van de zweefmolen?
- 4S12 Hebben het gewicht en de vorm invloed op de snelheid waarmee het zinkt?
- 4S13 Zit er een verband tussen de weerstand van het midden van een potlood en de hardheid? Zo ja, wat voor verband?

Ronde 5 Marco

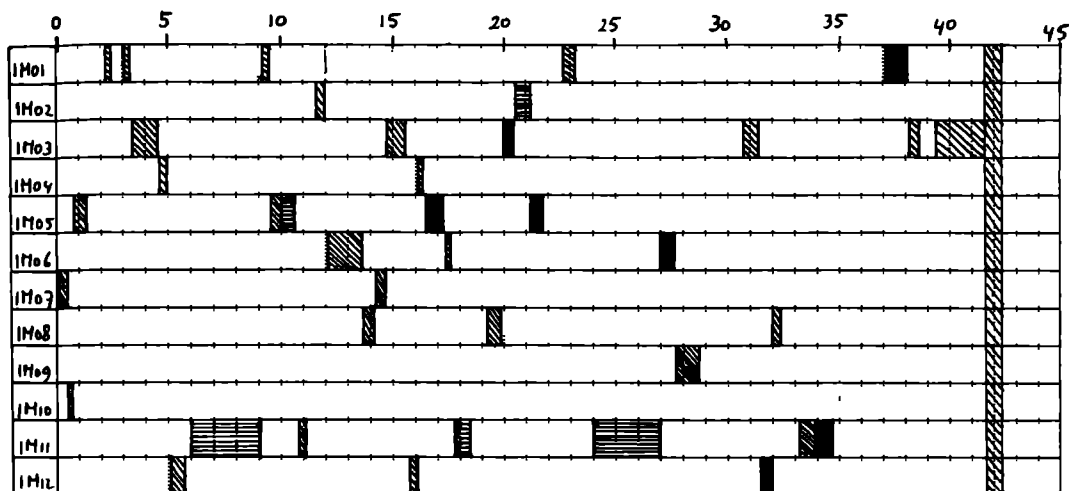
- 5M01 Hebben de afstand, het vermogen en de kleur van een lamp invloed op de weerstand van de LDR?
- 5M02 Heeft de afmeting van een varende boot invloed op de snelheid?
- 5M03 Heeft verschil van grootte en gewicht van een zak invloed op de snelheid waarmee de zak omhoog stijgt?
- 5M04 a Heeft de hoek van de helling invloed op de breedte (dus snelheid) van het spoor van de druppel?
b Heeft de hoek van de helling invloed op de lengte van het spoor op de druppel?
c Welke stof is het snelst?
- 5M05 Reageren magneten op elkaar (als je de bovenste naar links en rechts beweegt, de onderste in de vloeistof hetzelfde doet) in de verschillende stoffen: water, zout + water, suiker + water, yoghurt, shampoo en roosvicee? Zo ja, wat is de verste afstand dat de magneten elkaar nog aantrekken?

- 5M06 Wat voor een invloed heeft de ondergrond (water, gladde tafel, fijn vloerkleed, zand, gras) op de weg die het voorwerp (auto, cilinder, rechthoek) aflegt, als je steeds met dezelfde kracht wegduwt? Zit hier enige regelmaat in?
- 5M07 Met welke combinatie van gewichtjes (auto zelf en hanggewicht) rijdt de auto het verst? (heen en weer)
- 5M08 Wat is het verband tussen de luchtdruk van een ruimte en de temperatuur van die ruimte?
- 5M09 Is het verband tussen de afstand tot de geluidsbron en de hoeveelheid decibel rechtevenredig?
- 5M10 Is het verband tussen de uitrekking van de elastiek rechtevenredig met het gewicht dat eraan hangt?
- 5M11 Als je 200 ml water kookt, eerst met en dan zonder deksel verdubbelt het verschil tussen beide kooktijden als je 400 ml water kookt (met en zonder deksel) en verdriedubbelt het verschil in kooktijd als je 600 ml water neemt?
- 5M12 Wat is het verband tussen de kracht die op een uitgerekte elastiek staat en de afstand die door het elastiek afgeschoten projectiel aflegt en wat beïnvloedt de afstand?

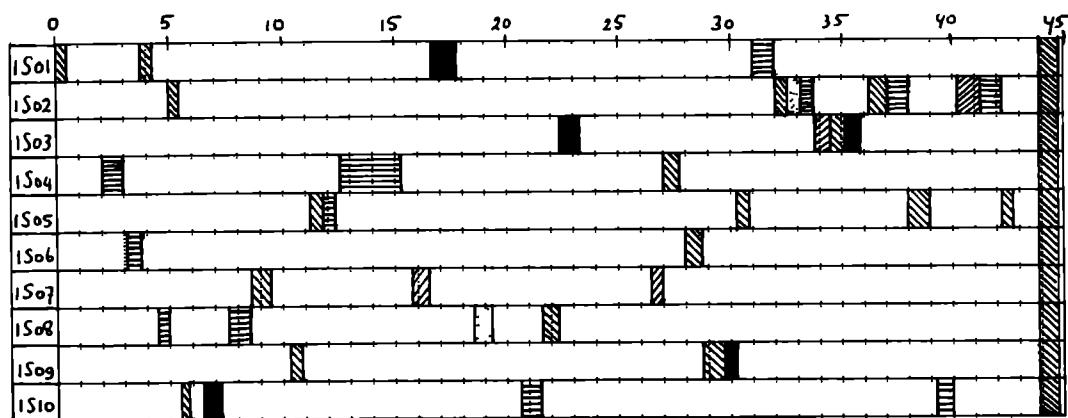
Ronde 5 Sander

- 5S01 Met welke snelheid moet een gewicht van 20 gram draaien aan een zweefmolen, zodat het touw van de zweefmolen een instelbare hoek maakt met de draai-as van de zweefmolen?
- 5S02 Wat is het absorptievermogen van verschillende soorten maandverband?
- 5S03 Is er een verband tussen het aantal Newton waarmee een gewichtje aangetrokken wordt en de afstand van het gewichtje tot de elektromagneet en het aantal volt van de elektromagneet?
- 5S04 Bestaat er een verband tussen de aanloopafstand die de knikker op de rails heeft en de snelheid die de knikker dan aan het eind maakt en de snelheid van de knikker die de op een afstand van 20 cm op verschillende ondergronden maakt?
- 5S05 Is er een verband tussen het aantal papiertjes die je op een maatsilinder legt en de hoeveelheid water die er doorheen komt?
- 5S06 Wat is het verband tussen de hoek van een traject (baan) met de ondergrond / massa van het voertuig en de snelheid waarmee het voertuig rijdt?
- 5S07 Wat is het verband tussen de hoogte van de baan en de afstand die een voorwerp aflegt voordat hij de grond raakt?
- 5S08 Is er een rechtevenredig verband tussen de oppervlakte van de voorkant van een elektrische trein die door een windtunnel gaat met de hele tijd dezelfde tegenwind, en de snelheid van die trein?
- 5S09 Is er een verband tussen de hoek die een klepje maakt in de windtunnel en de neerwaartse druk op het klepje bij verschillende windsnelheden?
- 5S10 Wat is het verband tussen het gewicht van een voorwerp en de grootte van de middelpuntvliedende kracht op dat voorwerp bij verschillende snelheden?
- 5S11 Wat is het verband tussen het aantal wikkelingen om een elektromagneet en het aantal spijkertjes dat de magneet aantrekt met en zonder kern?

Bijlage 6.2 - De profielen: overzicht docent-leerling-interacties tijdens de PEO-les



PEO-les Marco 6/2/96. Verticaal de onderzoeksgroepen, horizontaal de tijd in minuten.



PEO-les Sander 6/2/96. Verticaal de onderzoeksgroepen, horizontaal de tijd in minuten.

Legenda: aard van de interacties

- ▨ = relationeel
- ▩ = procedureel
- ▧ = inhoudelijk (vakkennis)
- ▦ = inhoudelijk (werken met apparatuur)
- = inhoudelijk (validiteit en betrouwbaarheid)

Bijlage 6.3 - De leerlingenquête**VOORBEREIDING****1 Hoe ben je aan het idee voor je onderzoeksvraag gekomen? (score in %)**

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
zelf bedacht	63	48	65	68	85	65
uit het natuurkundeboek	4	31	0	0	10	0
van klasgenoten	0	0	17	4	0	4
van mijn leraar	8	0	0	0	0	0
van familieleden	8	4	6	12	0	4
anders	13	15	12	16	5	17

2 Hoe vond je het om een onderzoeksvraag te bedenken?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
moelijk	48	52	70	30	36	13
tamelijk moeilijk	24	38	15	22	32	43
tamelijk gemakkelijk	24	9	10	22	23	35
gemakkelijk	4	0	5	26	9	9

3 Hoeveel commentaar kregen jullie van je docent op de onderzoeksvraag?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
veel	14	22	28	4	20	4
tamelijk veel	30	37	32	24	20	30
tamelijk weinig	30	26	28	24	48	56
weinig	26	15	12	48	12	11

4 Had je iets aan het commentaar op de onderzoeksvraag?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
veel	19	11	13	0	0	0
tamelijk veel	62	44	38	44	35	35
tamelijk weinig	19	37	33	44	46	23
weinig	0	7	17	12	19	42

5 Hoe vond je het maken van het werkplan?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
moelijk	0	4	8	0	4	0
tamelijk moelijk	19	19	16	19	15	19
tamelijk gemakkelijk	69	41	44	72	33	44
gemakkelijk	12	37	32	9	46	37

6 Heb je na het werkplan nog iets aan jullie onderzoeksvraag veranderd?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
veel	0	7	4	0	0	4
tamelijk veel	8	15	24	13	4	11
tamelijk weinig	62	7	20	50	40	19
weinig	31	70	52	38	56	67

UITVOERING

7 Hebben jullie een gidsexperiment uitgevoerd voordat je de proef deed? (na ronde 2)

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
ja	n v t	48	92	n v t	52	85
nee	n v t	52	8	n v t	48	15

8 Zo ja: hoe zinvol vond je het gidsexperiment?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
zinvol	n.v.t.	84	84	n.v.t.	31	38
tamelijk zinvol	n.v.t.	8	16	n.v.t.	54	42
tamelijk zinloos	n.v.t.	0	0	n.v.t.	15	12
zinloos	n.v.t.	8	0	n.v.t.	0	8

9 Hoeveel hulp heb je de docent gevraagd tijdens het uitvoeren van het onderzoek?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
veel	0	0	13	8	4	0
tamelijk veel	23	4	13	33	8	4
tamelijk weinig	23	30	50	8	36	52
weinig	54	67	25	50	52	44

10 Wat vond je van de hulp die de docent je gaf?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
veel aan gehad	18	20	8	11	4	4
tamelijk veel	46	28	33	67	35	19
tamelijk weinig	12	28	8	16	43	35
weinig aan gehad	24	24	50	6	18	42

PRESENTATIE (NA RONDE 2)

11 Wat vond je van het presenteren van onderzoekjes in de les?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
zinvol	n.v.t.	45	52	0	5	9
tamelijk zinvol	n.v.t.	45	33	30	25	9
tamelijk zinloos	n.v.t.	5	10	57	25	45
zinloos	n.v.t.	5	5	13	45	37

BEOORDELING?

12 Wat vond je van het cijfer dat je voor je onderzoek kreeg?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
tevreden	54	30	38	38	32	33
tamelijk tevreden	31	11	52	42	20	33
tamelijk ontevreden	12	33	10	0	16	7
ontevreden	4	26	0	21	32	26

13 Is voor jou duidelijk waarom je dit cijfer kreeg?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
duidelijk	23	33	55	22	32	22
tamelijk duidelijk	69	33	40	52	20	31
tamelijk onduidelijk	4	26	5	18	24	27
onduidelijk	4	7	0	8	24	19

TERUGKIJKEN

14 Wat vind je van het resultaat van je onderzoek?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
goed	64	33	24	33	16	54
tamelijk goed	32	41	48	58	48	38
tamelijk slecht	4	15	6	4	28	8
slecht	0	11	24	4	8	0

15 Hoe leuk vond je het om het onderzoekje te doen?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
leuk	58	45	39	17	29	22
tamelijk leuk	38	33	19	75	42	44
niet zo leuk	4	11	19	4	21	30
niet leuk	0	11	23	4	8	4

16 Hoe zinvol vond je het om het onderzoekje te doen?

	2CR1/S	3CR3/S	3CR5/S	2GR1/M	3GR3/M	3GR5/M
zinvol	16	26	30	0	4	7
tamelijk zinvol	64	52	40	71	40	41
tamelijk zinloos	16	19	5	21	40	33
zinloos	4	4	25	8	16	19

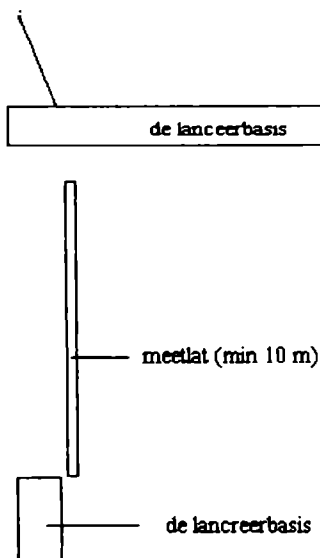
Bijlage 6.4 - De NVON-lijst met beoordelingscriteria

- P1 Komt zelfstandig tot een valide onderzoeksvraag of tot een ontwerpopdracht van een materieel product dat aan minstens één door de leerling vooraf bepaalde specificatie voldoet.
- P2 Beschrijft een aanpak of schetst het voorgestelde eindproduct waaruit blijkt dat het te onderzoeken probleem is begrepen
- P3 Geeft aan van welke theorie gebruik gemaakt gaat worden
- P4 Beschrijft welke waarnemingen moeten worden gedaan
- P5 Beschrijft hoe het waarnemen aangepakt zal worden
- P6 Noemt de benodigdheden voor de proef
- P7 Geeft aan welke grootheid/grootheden tijdens de proef niet mogen veranderen, omdat verandering de meetresultaten beïnvloedt en geeft aan hoe ervoor gezorgd kan worden dat die grootheden niet veranderen
- P8 Geeft de onafhankelijke variabelen aan en geeft aan hoe de onafhankelijke variabele(n) gewijzigd moet(en) worden
- P9 Geeft aan hoe de meetresultaten kunnen worden verwerkt
- P10 Geeft aan welke vooronderzoeken nodig zijn, zoals apparatuurtests, voor het echte onderzoek kan beginnen
- P11 Geeft aan welke voorzorgsmaatregelen op het gebied van de veiligheid noodzakelijk zijn
- U1 De leerling verzamelt zelf de instrumenten, materialen en informatie die voor het onderzoek nodig zijn, OF legt contact met een instantie waar het gewenste onderzoek kan worden uitgevoerd
- U2 De leerling volgt een onderzoeksplan dat tot een antwoord op de onderzoeksvraag leidt vrijwel op de voet. Hij/zij past het plan zonnodig aan als de meetresultaten of omstandigheden daartoe aanleiding geven
- U3 De leerling maakt zelfstandig gebruik van materialen en instrumenten op veilige en effectieve manier
- U4 De leerling voert de metingen met de gewenste nauwkeurigheid uit
- U5 De leerling toont creativiteit of inventiviteit bij het oplossen van (gebruikelijke) meetproblemen
- U6 De leerling voert voldoende waarnemingen/metingen uit verspreid over een optimaal meetgebied en/of onder zinvolle omstandigheden
- U7 De leerling herhaalt waarnemingen/metingen wanneer dat wenselijk is. Hij/zij kan duidelijk afwijkende metingen laten vervallen of uit enkele metingen een gemiddelde bepalen
- U8 De leerling geeft de meetresultaten en andere waarnemingen op een duidelijke manier weer
- V1 Zorgt voor een goed geordend helder verslag van het onderzoek
- V2 Geeft een duidelijke beschrijving van de aanpak van het onderzoek
- V3 Verwerkt de meetresultaten op een juiste wijze
- V4 Gebruikt berekeningen en natuurkundige vergelijkingen bij het verwerken van de meetresultaten
- V5 Maakt effectief en nauwgezet gebruik van tekeningen/figuren/plaatjes
- V6 Maakt correct en adequaat gebruik van tabellen en diagrammen in de presentatie en verwerking van de meetgegevens
- V7 Laat blijken kennis en inzicht te hebben in de theoretische aspecten die verband houden met het onderzoek
- V8 Trekt een duidelijke en juiste conclusie uit de metingen of presenteert een product dat aan de gestelde specificaties voldoet
- V9 Geeft een overzicht van geraadpleegde literatuur en/of andere informatiebronnen
- E1 Beschrijft de problemen die zich hebben voorgedaan tijdens het onderzoek
- E2 Geeft de beperkingen van de geldigheid van de conclusies aan, op grond van een schatting van nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de meetresultaten
- E3 Geeft aan hoe het beschreven onderzoek nauwkeuriger en betrouwbaarder kan worden uitgevoerd
- E4 Doet zinvolle voorstellen voor verder onderzoek op basis van de resultaten die zijn verkregen en de vragen die daardoor opgeroepen worden

Bijlage 6.5 - Verslag

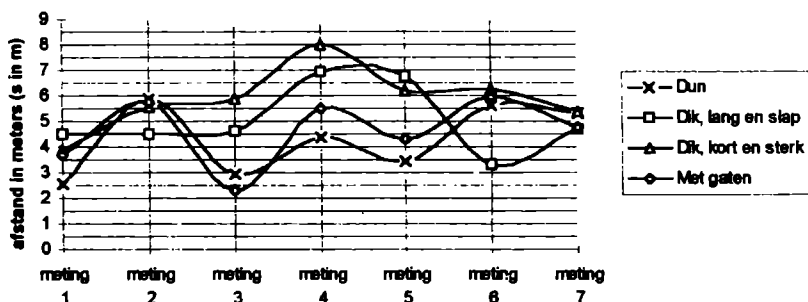
Verslag van: PEO

- Onderzoeksvraag:** Wat is het verband tussen de kracht waarmee je aan het elastiek trekt en de afstand die het wegschiet?
- Hypothese:** Wij denken: "Hoe harder je trekt, hoe verder het elastiek wegschiet."
- Werkwijze:** Eerst sorteert iemand de elastieken in verschillende categorieën. Dan spant Ties of Kaluen een elastiek, dan meten zij de kracht op (in kilogram). Daarna schieten zij het elastiek af en meten Bas en Tom de afstand.
- Opstelling:**



Metingen:

	dun elastiek	dik, lang en slap elastiek	dik, kort en sterk elastiek	met gaten
kracht	0,5 kg	1,25 kg	1,5 kg	1 kg
meting 1	2,59 m	4,52	3,9	3,71
meting 2	5,90 m	4,48	5,58	5,72
meting 3	2,95 m	4,63	5,87	2,34
meting 4	4,38 m	6,92	8,0	5,48
meting 5	3,46 m	6,74	6,16	4,33
meting 6	5,62 m	3,29	6,22	5,92
meting 7	5,32 m	4,67	5,38	4,76
gemiddelde	4,32 m	5,03	5,87	4,53

Grafiek metingen**Conclusie:**

De afstand loopt op naarmate de kracht toe neemt. Uit het verband kan ik niet komen maar het verschil wordt steeds groter. Maar het is heel moeilijk om het eerlijk te vergelijken. Daarvoor hebben we eigenlijk nog te weinig metingen, omdat ieder schot net even iets anders is. Zeker met de elastieken met gaten is het schieten heel moeilijk.

Opmerking:

Dit is geen antwoord op de onderzoeksvraag; we hebben geen experiment uitgevoerd dat daar een antwoord op zou geven. Een onderzoeksvraag waar we wel een antwoord op hebben gevonden zou zijn: Hoort er bij een bepaalde kracht waarmee je aan het elastiek trekt, een vaste afstand dat het wegschiet? Ook hadden we maar met één elastiek van elke soort moeten schieten en de kracht in centimeters moeten uitdrukken.

Bijlage 6.6 - De criteria voor validiteit en betrouwbaarheid

ONTWERPEN	Onderzoeksvraag	O1	De onderzoeksvraag is duidelijk geformuleerd.
		O2	De in de onderzoeksvraag genoemde grootheden zijn gedefinieerd.
	Keuze meetapparaat	O3	De meetapparatuur past bij de te meten grootheden.
		O4	De meetapparatuur is voldoende nauwkeurig.
	Opstelling	O5	De opstelling past bij de onderzoeksvraag.
	Methode	O6	Er is beschreven welke de onafhankelijke en afhankelijke variabelen zijn en welke moeten worden gecontroleerd.
METEN	Gebruik meetapparatuur	M1	De meetapparatuur is correct gebruikt (aansluiting/ nulinstelling/ schaalkeuze/ aflezing).
	Nauwkeurigheid	M2	Er is aandacht voor de meetnauwkeurigheid (o.a. metingen zijn herhaald).
	Metingen	M3	De metingen zijn herhaalbaar.
VERWERKEN	Berekeningen	V1	Berekeningen zijn correct uitgevoerd met de juiste formule en foutendiscussie.
	Grafiek	V2	De metingen zijn grafisch correct verwerkt.
	Conclusie	V3	Er is de juiste conclusie getrokken.
EVALUEREN			p.m.

Bijlage 6.7 - Het beoordelingsmodel

Het onderstaande model is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

1. Basis van de beoordeling is de criterialijst. Hiervoor kunnen ze maximaal 8 punten halen (bijvoorbeeld: ontwerp = 3; meten = 3; verwerken = 2).
2. Er is een bonus van maximaal 2 punten (voor samenwerking; originaliteit; creativiteit; ...).
3. Een weegfactor weegt het niveau: 0,8 voor erg laag; 0,9 voor laag; 1,0 voor goed niveau.

Dat betekent dat een leerling, die heel individueel een simpel standaard proefje uit het boek pakt maar dat prima uitvoert maximaal $8 \times 0,8 = 6,4$ punten kan krijgen.

Dit lijkt me redelijk. Het stimuleert de leerlingen wellicht om origineel te zijn.

Samengevat (in de tabel staan maximale scores):

KWALITEIT: $3 + 3 + 2$	8
BONUS	2
TOTAAL	10
WEEGFACTOR: $1 \times 10 =$	10

Probeer het ook eens voor een verslag.

KWALITEIT: ... + ... + ...	...
BONUS	...
TOTAAL	...
WEEGFACTOR: ... x ...	...

Bijlage 6.8 - Opdracht onderzoeksvragen

In de onderstaande tabel vind je een aantal onderzoeksvragen met de mogelijkheid aan te geven op grond van welke categorieën je de vraag niet correct vindt. Deze categorieën zijn:

Met betrekking tot de **inhoud**:

- A de vraag is met onderzoek niet te beantwoorden;
- B het niveau is te hoog;
- C het onderzoek is veel te uitgebreid.

Met betrekking tot de **vorm**:

- D de vraag is onduidelijk;
- E de vraag is slecht Nederlands;
- F de vraag is dubbelzinnig;
- G de variabelen zijn niet gedefinieerd.

Probeer dat eens. Graag twee verzoeken:

- bedenk ook zelf gerust wat geschikte vragen;
- aarzel niet opmerkingen erbij te plaatsen.

Onderzoeksvraag	A	B	C	D	E	F	G
<i>Welke stoffen isoleren goed?</i>							
<i>Hoe hangt het vermogen van een accu af van de pH-waarde van het accuzuur?</i>							
<i>Waarom vallen voorwerpen?</i>							
<i>Hoe hangt de zuigkracht van een spons af van de dikte van een aantal vloeistoffen?</i>							
<i>Welke hoeveelheden van bepaalde stoffen lossen op in water van verschillende temperaturen?</i>							
<i>Welke bal stuitert het langst?</i>							
<i>Wat gebeurt er als je suiker op ijs strooit en als je zout op ijs strooit en hoe lang duurt het voor 5 cm³ ijs gesmolten is met 10, 20, 30 gram zout in het klaslokaal en wanneer bevriest ijs met suiker en wanneer zout?</i>							

Bijlage 6.10 - Aandachtspunten presentatie**P.E.O.- presentatie**

namen:

klas:

datum:

De bedoeling van de presentatie is dat jullie aan de klas vertellen/verantwoorden hoe jullie onderzoek is verlopen.

De beoordeling die jullie hiervoor krijgen is minimaal een 6.

Schrijf de onderzoeksvraag en jullie antwoord op een sheet zodat de klas dit m.b.v. een overheadprojector kan lezen.

Demonstreer jullie meetopstelling (e.v. sheet).

Als leidraad voor de presentatie kunnen jullie de volgende punten/vragen gebruiken:

- 1- Vertel hoe jullie aan de O-vraag zijn gekomen.
- 2- Welke grootheden hebben jullie gemeten?
- 3- Verklaar waarom deze grootheden.
- 4- Hoe hebben jullie deze gemeten?
- 5- Welke problemen kwamen jullie tegen?
- 6- Hoe zijn die opgelost?
- 7- Conclusie.
- 8- Foutenanalyse.
- 9- Vertel wat goed is gegaan.

De volgende vragen zal de docent in de klas stellen.

- Is een klasgenoot van jullie in staat om dezelfde meetresultaten te verkrijgen, ofwel zijn de meetresultaten herhaalbaar?
- Zijn er nog andere conclusies mogelijk?

De klas mag ook vragen stellen.

Tip: maak gebruik van:

- sheets m.b.v. de overheadprojector
- het bord
- ...

Bijlage 6.12 - Het lesmateriaal**ONDERZOEKSVRAGEN**

Opdracht: Hieronder staat een onderzoeksvraag. Bespreek met je buurman wat jullie aan deze vraag niet goed vinden. Bijvoorbeeld: hij is onduidelijk, het zijn meer vragen tegelijk, het is slecht Nederlands, hij is niet onderzoekbaar, enzovoort. Geef ook aan wat nog ontbreekt (bijvoorbeeld het definiëren van een grootheid). Formuleer een betere vraag.

Geef dit vel door aan de groep naast je. Deze groep geeft commentaar op jullie verbeterde vraag. Ook zij maken een nieuwe vraag. Dat geheel doen we nog een keer. Tot slot wordt de vraag in de klas besproken.

Ronde 1

Onderzoeksvraag: <i>Welke stoffen isoleren goed?</i>
Commentaar:
Nieuwe vraag:

Ronde 2

Commentaar:
Nieuwe vraag:

Ronde 3

Commentaar:
Definitieve vraag:

HET ONTWERPEN VAN EEN ONDERZOEK

Een speelgoedfabrikant maakt diverse typen tennisballen. De ballen worden getest op hoe hoog ze stuiteren voordat ze goedgekeurd worden voor verkoop. Enkele leerlingen testen de tennisballen in school om uit te vinden hoe hoog ze stuiten.

Dit is wat van je verwacht wordt:

Beschrijf hoe je uitvindt welk type bal het beste stuitert

Denk eraan dat je in ieder geval iets zegt over:

- welke voorwerpen/instrumenten je wilt gebruiken;
- welke variabelen je wilt meten;
- hoe je ze wilt meten;
- wat je moet doen om ervoor te zorgen dat het een eerlijk experiment is;
- hoe je je resultaten uit zult werken.

Beschrijving:

DE BETROUWBAARHEID VAN MEETGEGEVENS

Hieronder staat een onderzoek beschreven: het oplossen van suiker in water. Naar aanleiding van het onderzoek worden vier vragen gesteld. Zoek met je buurman of vrouw een antwoord op de vragen, waar je het beide mee eens bent.

Een aantal leerlingen doen een onderzoek naar de snelheid waarmee suiker in water oplost. Ze doen de volgende metingen:

- Ze nemen de tijd op waarin suiker oplost in water (de oplostijd);
- Ze gebruiken 5 gram witte kristalsuiker;
- Ze gebruiken 100 ml water van 80 °C;
- Ze roeren de gehele tijd met een glasstaafje.

Vraag 1

Enkele meisjes hebben elk de tijd gemeten waarin de suiker oplost:

	tijd die nodig is voor het oplossen
Adelheid	35 s
Brenda	28 s
Carla	31,5 s
Denise	38 s

Schrijf hieronder op wat volgens jou de reden is dat de meisjes allemaal verschillende resultaten hebben.

Geef de drie belangrijkste redenen:

1)

2)

3)

Vraag 2

Karel, Leo en Mark vormen samen een groepje. Ze hebben als groep de oplostijd gemeten. Ze vonden een tijd van 32 s. Er ontstaat een discussie.

Karel zegt: *Kom, we doen het nog een keer!*

Leo zegt: *Waarom? We hebben toch al een resultaat.*

Mark zegt: *Ik vind dat we het nog een paar keer moeten doen.*

Met wie ben jij het eens? Leg ook uit waarom.

Leo besluit mee te doen met de anderen en ze herhalen hetzelfde experiment.

Ze vinden een ander resultaat dan de eerste keer.

eerste keer: 32 seconden

tweede keer: 34 seconden

Karel zegt: *Kijk, nu zitten we mooi in de puree. Maar goed, we nemen wel de waarde van 34 seconden.*

Leo zegt: *Nee, we doen het nog een laatste keer.*

Mark zegt: *Drie keer is niet genoeg. We moeten het nog vaker doen.*

Met wie ben jij het eens? Leg ook uit waarom.

vraag 3

Mark herhaalt de metingen tot hij er vijf heeft. Hieronder staan de resultaten.

	meting 1	meting 2	meting 3	meting 4	meting 5
oplostijd	32 s	34 s	31 s	52 s	31 s

Wat moet Mark opschrijven als zijn definitieve resultaat? Welke waarde vindt hij voor de oplostijd van de hoeveelheid suiker? Geef aan hoe je aan het antwoord bent gekomen en waarom je dit antwoord geeft.

Vraag 4

Ans en Bea herhalen hun metingen ook 5 keer. Hieronder staan de resultaten van elk meisje:

	1	2	3	4	5	gemiddelde
Ans: oplostijd (s)	27	29	27	28	29	28
Bea: oplostijd (s)	30	24	33	31	22	28

Ans zegt: *Die van mij zijn beter. Ze liggen allemaal tussen 27 en 29. Die van jou tussen 22 en 33.*

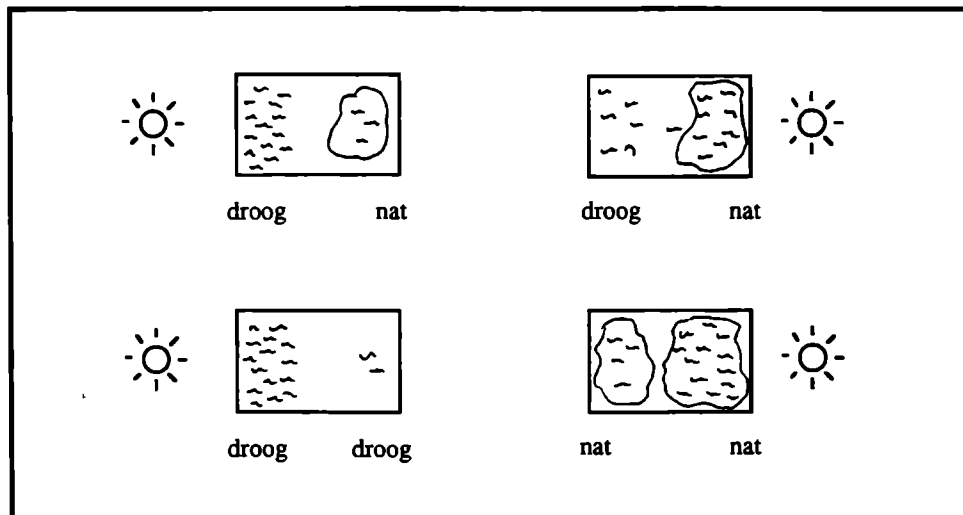
Bea zegt: *Die van mij zijn even goed. Mijn gemiddelde is ook 28.*

Welke resultaten vertrouw je meer? Of vind je ze allebei hetzelfde? Verklaar je antwoord.

HET TREKKEN VAN CONCLUSIES

DE MEELWORMPUZZEL

Een onderzoeker wilde de reactie testen van meelwormen t.o.v. licht en vochtigheid. Om dit te doen zette hij 4 dozen neer als in het plaatje. Hij gebruikte lampen als lichtbronnen en vochtig gehouden papier in de dozen voor vochtigheid. In het midden van elke doos zette hij 20 meelwormen. Een dag later kwam hij terug en telde hij het aantal wormen aan verschillende kanten van de doos (zie plaatjes).



Kies uit de volgende antwoorden: De resultaten laten zien dat meelwormen beïnvloed worden door (dus bewegen naar of van):

- A. licht maar niet vochtigheid
- B. vochtigheid maar niet licht
- C. licht en vochtigheid
- D. noch licht, noch vochtigheid (geen invloed)

Verklaar je keuze.

ONDERZOEK DOEN

Onderstaand verhaal is een scenario voor een discussie over het doen van onderzoek (bijvoorbeeld voorafgaand aan de eerste ronde open onderzoek of direct na ronde 1). Centraal staat de onderzoeksvraag: *Hoe groot kan een eik worden?* De discussie vindt plaats rond de volgende items:

De kwaliteit van de onderzoeksvraag

Te verwachten of in te brengen opmerkingen:

- Dit valt niet te onderzoeken (in ieder geval niet door de 2de klas leerlingen).
- Wat is groot? Hoogte of omvang?
- Hoe definieer je de hoogte van een eik?
- Welke eiksoort wordt bedoeld?

Een mogelijke herformulering zou kunnen luiden: *Bij ons in de tuin staat een Amerikaanse eik. Hoe hoog is deze eik op 1 december 1997? Onder de hoogte van een boom verstaan we ..*

De manier van meten

Te verwachten of in te brengen mogelijkheden:

- Met een meetlint.
- Door een steentje te laten vallen en de valtijd te meten.
- Door middel van de lengte van de schaduw en de stand van de zon.
- Door van de boom een dia te maken en deze weer op een scherm te projecteren.

Bij elke meetmethode kan ook een stukje theorie worden geformuleerd.

De betrouwbaarheid van een mogelijk antwoord: bijvoorbeeld 17 m.

Te verwachten of in te brengen mogelijkheden:

- Hoe nauwkeurig is je antwoord als je het zo opgeeft?
- Klopt dat met de manier waarop je hebt gemeten?
- Moet je het antwoord anders opgeven?
- Zou je het nog nauwkeuriger kunnen meten?
- Is dat zinvol?

Reflectie op het onderzoek: de validiteit en betrouwbaarheid.

Het probleem is dat voor de leerlingen deze begrippen nogal abstract zijn. Eerlijk meten is een wat te beperkte interpretatie van validiteit. Je kunt wel met ze nagaan wat er gedaan is om te komen tot een zo betrouwbaar mogelijk antwoord op de (onderzoekbare) onderzoeksvraag.

VALIDITEIT EN BETROUWBAARHEID AAN DE HAND VAN EEN VERSLAG

Werkwijze:

Neem een bestaand of fictief verslag (bijvoorbeeld het elastiekjesverslag uit bijlage 6.5) en praat erover met de klas aan de hand van de vragen uit de vorige oefening.

Bijlage 7.1 - Evaluatie: interviewleidraad**Ad 1 REACTIE**

- 1.1 Ik leg je een lijst voor met activiteiten en gespreksonderwerpen, die de afgelopen twee jaar in het scholingstraject aan de orde zijn geweest. [zie bijlage]
 - a Zou je uit deze lijst er drie willen kiezen die voor je leerproces het meest belangrijk zijn geweest? Zou je ook willen aangeven waarom ze voor jou belangrijk zijn geweest?
 - b Zou je uit deze lijst er drie willen kiezen die voor je leerproces het minst belangrijk zijn geweest? Zou je ook willen aangeven waarom ze voor jou niet belangrijk zijn geweest?
- 1.2 Geef je oordeel over de inhoud van de scholing
Wat heb je gemist? Waar had je meer aandacht aan besteed willen hebben?
- 1.3 Wat vond je van de manier waarop de scholing is vormgegeven? Ik denk hierbij aan de wijze van gespreksvoering, de frequentie van gesprekken, de facilitering in de vorm van taakuren?
- 1.4 Hoe heb je mij ervaren als coach? Heb je wel iets van mij geleerd?
- 1.5 Kun je aangeven in hoeverre de scholing als geheel zinvol geweest is voor je eigen leerproces met betrekking tot het realiseren van onderwijs in leerlingonderzoek?
- 1.6 Wat vond je van je eigen betrokkenheid bij de scholing: de motivatie (inzet en inbreng) en de bereidheid tot verandering?
- 1.7 Welke algemene suggesties heb je ter verbetering van de scholing?

Huiswerkopdracht: Zie 2.1

Bijlage: ACTIVITEITENLIJST Scholing Leerlingonderzoek**A INTERVIEW**

- A.1 Het inventariseren van de leerling onderzoekspraktijk: interview met Sander.

B RAAMPLANGESPREKKEN

- B.1 Helpen expliciteren van visie op natuurkunde-onderwijs en leerlingonderzoek.
B.2 Theorie presenteren over leerlingonderzoek via literatuur.
B.3 Adviseren bij opbouw leerlingonderzoeks-curriculum.
B.4 Adviseren bij beoordeling leerlingonderzoek.
B.5 Adviseren bij begeleiding leerlingonderzoek.
B.6 Bespreking van de opzet van het docentenlogboek.

C UITVOERING RONDE 1

- C.1 Feedback geven tijdens de uitvoering.
C.2 Het bijhouden van het docentenlogboek.

D TUSSENGESPREKKEN NA RONDE 1

- D.1 Inventariseren en helpen oplossen van problemen rond organisatie van ronde 1.
D.2 Videofeedback geven op de besprekingsles van de onderzoeksvragen.
D.3 Videofeedback geven op de evaluatieles van de onderzoekjes.
D.4 Feedback geven via lesprotocollen van de uitvoeringsles.
D.5 Feedback geven via de leerlingenquête.
D.6 Bespreken van de opzet van ronde 2: onder andere het werkblad voor het werkplan.

E UITVOERING RONDE 2

- E.1 Feedback geven tijdens de uitvoering.
E.2 Het bijhouden van het docentenlogboek.

F TUSSENGESPREKKEN NA RONDE 2

- F.1 Feedback geven via observaties coach.
F.2 Concept mapping: validiteit en betrouwbaarheid.
F.3 Het bespreken van verslagen op validiteit en betrouwbaarheid.
F.4 Het opstellen van een lijst met criteria voor validiteit en betrouwbaarheid.
F.5 Helpen bij het maken van een beoordelingsformulier.
F.6 Het ontwikkelen van lesmateriaal voor "droog oefenen" van leerlingonderzoek.
F.7 Het bespreken van de opzet van ronde 3: instellen gidsles en instellen presentatieles.

G UITVOERING RONDE 3

- G.1 Feedback geven tijdens de uitvoering.
G.2 Het bijhouden van het vernieuwde logboek.

H TUSSENGESPREKKEN NA RONDE 3

- H.1 Feedback geven via observaties coach.
- H.2 Feedback geven via de leerlingenquête.
- H.3 Het bespreken van het lesmateriaal "droogoefenen" van leerlingonderzoek.
- H.4 Het bespreken van inhoud en gebruik beoordelingsformulier.
- H.5 Helpen expliciteren van visie op leerlingonderzoek.

I UITVOERING RONDE 4

- I.1 Feedback geven tijdens de uitvoering.

J TUSSENGESPREKKEN NA RONDE 4

- J.1 Feedback geven via observaties coach.
- J.2 Het voorbereiden van ronde 5.

K UITVOERING RONDE 5

- K.1 Feedback geven tijdens de uitvoering.

Ad 2: HET GELEERDE

- 2.1 Schrijf op 1 A4-tje op wat je op dit moment verstaat onder leerlingonderzoek.
- 2.2 Geef zo volledig mogelijk aan op welke onderdelen je opvattingen over leerlingonderzoek de afgelopen twee jaar zijn veranderd. [doelen, uitvoering, opbouw curriculum]
- 2.3 Welke verschillen in opvattingen over leerlingonderzoek bestaan volgens jou met je collega?
En met je coach?
En met je leerlingen?
- 2.4 "Onderzoek doen met leerlingen is een manier om leerlingen te leren onderzoeken. Ze moeten dan leren hoe ze goed onderzoek kunnen doen, onderzoek dat beantwoordt aan eisen voor validiteit en betrouwbaarheid".
a Geef aan in hoeverre je het eens bent met deze uitspraak.
b Geef ook aan in hoeverre je opvatting over deze uitspraak de afgelopen twee jaar veranderd is.
- 2.5 Aan het doen van leerlingonderzoek ligt een aantal aspecten van onderzoeken ten grondslag.
a Welke kennis bezat je over onderzoek doen bij aanvang van dit project (najaar 1995)?
b Wat heb je de afgelopen twee jaar bijgeleerd over onderzoek doen?
c Wat zijn daar de belangrijkste aspecten van?
- 2.6 Geef aan wat volgens jou de leerlingen dienen te leren bij het doen van onderzoek. Denk hierbij aan: vakkennis, procedurele kennis, kennis over kwaliteit van onderzoek.
- 2.7 Om de leerdoelen van open onderzoek te bereiken heb je met je collega gekozen voor een bepaalde opzet van het curriculum. Ik denk daarbij aan het aantal keer onderzoek doen in de onderbouw, groepsgrootte, wel of geen eigen onderzoeksvraag vanaf het begin, typen onderzoek, werkplan maken, wel of geen logboek, gidsexperiment, aanvullend lesmateriaal, etc.
a Zijn er keuzen gemaakt waar je eigenlijk niet achter staat? Zo ja, welke?
b In hoeverre sta je op dit moment nog achter de samen gemaakte keuzen?
c Wat zou je nu na twee jaar willen veranderen om je doelen beter te kunnen bereiken?

Ad 3: TOEPASSING

- 3.1 a Heb je het idee dat je verworven nieuwe inzichten ook daadwerkelijk hebt toegepast?
b Beschik je over voldoende kennis en vaardigheden om deze nieuwe inzichten door te voeren?
- 3.2 Waren de condities op school zodanig dat nieuwe inzichten konden worden doorgevoerd? In hoeverre waren ze stimulerend? In hoeverre waren ze remmend?
- 3.3 a In hoeverre ben je in staat geweest om je visie op kwaliteit van onderzoek (validiteit en betrouwbaarheid) in te zetten bij het **bespreken van de onderzoeksvraag**?
b Voelde jij je daar vaardig toe?
c Geef ook aan waarom dat eventueel niet lukte.
- 3.4 a In hoeverre ben je in staat geweest om je visie op kwaliteit van onderzoek (validiteit en betrouwbaarheid) in te zetten bij het **begeleiden van het gidsexperiment**?
b Voelde jij je daar vaardig toe?
c Geef ook aan waarom dat eventueel niet lukte.
- 3.5 a In hoeverre ben je in staat geweest om je visie op kwaliteit van onderzoek (validiteit en betrouwbaarheid) in te zetten bij het **begeleiden van het onderzoek**?
b Voelde jij je daar vaardig toe?
c Geef ook aan waarom dat eventueel niet lukte.
- 3.6 a In hoeverre ben je in staat geweest om je visie op kwaliteit van onderzoek (validiteit en betrouwbaarheid) in te zetten bij de **presentatie van het onderzoek**?
b Voelde jij je daar vaardig toe?
c Geef ook aan waarom dat eventueel niet lukte.
- 3.7 a In hoeverre ben je in staat geweest om je visie op kwaliteit van onderzoek (validiteit en betrouwbaarheid) in te zetten bij het **beoordelen van het onderzoek**?
b Voelde jij je daar vaardig toe?
c Geef ook aan waarom dat eventueel niet lukte.
- 3.8 Het "nieuwe" materiaal dat de afgelopen twee jaar is ontwikkeld bestaat uit:
- een werkplan-involblad;
 - een beoordelingsformulier;
 - lesmateriaal "droog oefenen";

- aandachtspunten voor de presentatieles.
- a Hoe vind je dat het functioneert?
- b Draagt het bij tot beter open onderzoek?
- c Welke verbeteringen zou je willen voorstellen?

3.9 De "nieuwe" onderdelen / componenten die de afgelopen twee jaar in het open onderzoek ingebracht zijn bestaan uit:

- de bespreekles voor de onderzoeksvragen (ronde 1 en 2);
- de evaluatieles voor de onderzoeksresultaten (ronde 1 en 2);
- de mogelijkheid voor een gidsexperiment (ronde 3, 4 en 5);
- de presentatieles voor de onderzoeksresultaten (ronde 3, 4 en 5).
- a Hoe vind je dat ze verlopen?
- b Draagt het bij tot beter open onderzoek?
- c Welke verbeteringen zou je willen voorstellen?

- 3.10 a Welke rol heeft een TOA volgens jou bij open onderzoek?
- b Hoe kijk je vanuit die visie aan tegen het functioneren van jullie TOA?

Ad 4: RESULTATEN**4.1 Geef antwoord op de volgende vragen:**

- a Hoe vind je dat leerlingen op dit moment (eind klas 3) onderzoek doen? Ben je daar tevreden over? Had je meer verwacht?
- b Hoe vind je dat de leerlingen omgaan met de begrippen validiteit en betrouwbaarheid in hun onderzoek?
- c Welke ontwikkeling zie je daarin?

4.2 Ik leg je enkele leerlingverslagen voor uit de eerste ronde.

Zou je de verslagen willen bekijken en de volgende vragen willen beantwoorden:

- a Geef een onderbouwde mening over de manier waarop de leerlingen de begrippen validiteit en betrouwbaarheid bij hun onderzoek hebben gehanteerd.
- b Wat vind je dat de leerlingen eind klas 3 moeten kennen en kunnen met betrekking tot de concepten validiteit en betrouwbaarheid?
- c Denk je dat je dat met je onderwijs bereikt hebt?
- d Zo nee, wat zou je willen voorstellen om dat wel te bereiken met betrekking tot het gegeven onderwijs?

4.3 Ik leg je een schema voor met lesactiviteiten/materialen die je de afgelopen twee jaar voor het curriculum rond leerlingonderzoek hebt ontwikkeld.

- a Geef aan welke lesactiviteiten/materialen volgens jou het meest hebben bijgedragen tot het leerproces van de leerlingen m.b.t. leren onderzoeken. Leg uit waarom.
- b Geef aan welke lesactiviteiten/materialen volgens jou het minst hebben bijgedragen tot het leerproces van de leerlingen met betrekking tot leren onderzoeken. Leg uit waarom.
- c Geef aan welke lesactiviteiten/materialen volgens jou nog ontbreken.

Lijst met lesactiviteiten/materialen:

- een werkplan-invulblad laten invullen;
- de beoordelingscriteria aan leerlingen voorleggen;
- lesmateriaal "droogoefenen van onderzoek" gebruiken;
- aandachtspunten voor de presentatieles laten gebruiken;
- een besprekles voor de onderzoeksvragen instellen;
- een evaluatieles voor de onderzoeksresultaten instellen;
- de mogelijkheid voor een gidsexperiment geven;
- de presentatieles voor de onderzoeksresultaten instellen.

BIJLAGE 8.1 - Een probleemstellende, niveau-gestructureerde didactische structuur (Kortland, 2000, p.176)

knowledge	motive	skill
global orientation at an everyday life level ↓ developing an operational knowledge level ↓ applying the operational knowledge level in the context of the skill-related issue → ↓ applying the operational skill level to a new field of knowledge ↓	←→ ↓ coming to pose and wanting to solve a knowledge-related problem in the context of a skill related issue by reflecting on the use of the existing knowledge coming to pose and wanting to solve a skill-related problem by reflecting on the use of the existing skill	global orientation at an everyday life level ↓ developing an operational skill level

SUMMARY

This dissertation describes a study which was carried out during the period 1995 - 2002 and was initiated and supported by the 'Graduate School of Teacher Education' and the 'Subfaculty of Physics' of the University of Nijmegen in the Netherlands. The aim of the study was to develop a training and guidance scheme for supporting teachers in guiding their students to carry out investigative work with quality. Chapters 1 - 3 describe the conceptual framework of this study and include the description of a teaching method for how students can learn to investigate, and a teaching method for how to teach teachers how to guide student investigation. Together these constitute a pedagogical framework for supporting teachers in teaching student investigation. Chapter 4 describes the design of the study to test and further develop the proposed teaching methods. Chapters 5, 6 and 7 provide assessment data and reflections with regard to the various phases of implementation of the pedagogical framework (the preparation phase, the coaching phase and the evaluation phase). Chapter 8 answers the main research question of the study, discusses the results and proposes improvements for the pedagogical framework for teaching and learning about investigations.

Chapter 1 starts with the conclusion that there is a worldwide consensus about the fact that inquiry skills should be a part of science teaching. In the Dutch reform of the upper secondary education, implemented since 1999, this aim is formulated explicitly, and it is made operational in a series of attainment targets. The reform constitutes the culmination of an 80-year development of the Dutch Physics Curriculum for the pre-university secondary school. This development started in the 1920s with the first student laboratory manuals, and now resulted in the requirement of a student investigation project and paper as part of the portfolio for the final examination. This does not mean that there was no investigative work by students before 1999, but now it is compulsory for all students while before some teachers had their students do investigations and many did not.

It was not, and still is not, yet clear what is meant by 'qualitatively good investigative work', and how it should be guided or facilitated by the teacher. Therefore there is a need to make an in-service development program for teachers which aims at improving the quality of students' investigative work. This had led to the following research question: *To what extent does our pedagogic framework for guiding teachers and students contribute to the improvement of the quality of students' investigative work?*

A theoretical framework for the quality of research is given in chapter 2. This chapter starts with a description of what is meant by 'practical work'. In practical work students collect data through observations and measurements. Investigation is one of the forms of practical work: answering research questions through data collected by the student.

The question is to what extent scientific research and the scientific method can contribute to the development of a method for teaching students how to investigate. Philosophers of science have concluded that the so called 'Scientific Method' has no prescriptive meaning for

learning how to investigate, but rather that it is a retrospective justification and generalization of the chosen way of working. The heuristics for the Scientific Method used in textbooks are no more than suggestions for solving research problems in a sensible way.

In the psychology of teaching and learning views on how to teach inquiry skills have changed over the past decades. Initially the notion on how to carry out an investigation was based on a behaviorist view of learning (as was propagated by the psychologist Gagné and was realized in the textbook series *Science - A Process Approach*). Later this changed into a more psychological approach, with special attention for the learning process itself. This led towards theories about categories of knowledge in solving problems, and towards models for solving problems, like that of the Assessment of Performance Unit (APU) in Great Britain. We think the Procedural and Conceptual Knowledge in Science (PACKS) model is a satisfactory model for doing investigative work. This model, which formed the basis for research on students' investigations in Great Britain and the development of students' knowledge, makes a distinction between four categories of knowledge, which play a part in doing investigative work: knowledge about the frame, substantive science knowledge, manipulative skills, and understanding of empirical evidence. We are particularly interested in this last category as it is closely related to the quality of research: research with quality must obey the criteria of validity and reliability. That requires a critical attitude of students towards their own work. In order to operationalize the concept of quality, we formulated criteria for quality of research on a meta-cognitive level, criteria which play an important role in the process of teaching and learning.

Based on the literature we developed a pedagogical framework for teaching and learning about investigations. This framework includes five aspects: beliefs about learning and teaching, educational goals and contents, the initial achievement level of the students, the teaching strategy, and the evaluation methods. The core aspect of this framework is the way in which the progression of knowledge and skills ought to be reached. We propose a development from relatively convergent to open-ended investigations. This means that in a series of investigations the students are given an increasing freedom and responsibility for formulating, planning, and executing the investigation. It also is possible to use a holistic approach, in which the students from the start formulate the research question, make a design, and carry out the investigation. In our opinion the gradual development in openness is a better way to learn and apply understanding of validity and reliability than the holistic approach, because an increase in openness makes it easier to control the development of students' knowledge and skills.

In chapter 3 some aspects of the learning of teachers are discussed, and that results in an initial proposal for the intended training and guidance for teachers. The development of teachers during their career is usually called professional development. Professional refers to all aspects the teachers deal with during their work. Studies on the knowledge base of teachers provide us with the following principles for the training and guidance of teachers:

- The core part is formed by the knowledge about doing research, the pedagogical content knowledge about learning how to investigate, and relevant knowledge regarding constructivist teaching and learning.
- In the training and guidance of teachers one should consider and build on their existing

craft knowledge. This knowledge is the knowledge teachers have gained through experience, or have reconstructed on the basis of new experience, and which plays an important role in the way they act.

- The role of beliefs as a motive for the creation of craft knowledge and as a filter for the interpretation of new knowledge has to be recognized. These beliefs are difficult to change.
- There is a reciprocal influence of the personal development of the teacher and his professional development.

In the past decades there have been changing views on how to handle the professional development of teachers. The initial top-down way of working has been replaced nowadays by a more interactive way of working with a central role for the craft knowledge of the teachers. In our opinion one has to link the teachers' craft knowledge with the experts' knowledge. Research studies indicate that coaching can greatly increase the effectiveness of the training. In a coaching situation the coach and the teacher prepare the lesson together, the coach observes the teaching, and evaluates it with the teacher.

The training and guidance process of the teachers consisted of the following phases: the preparation phase, the coaching phase and the evaluation phase. During the preparation phase an inventory was made of the experiences of the teachers, initial knowledge and beliefs of the teachers were clarified, knowledge about learning to do research was developed further and then the researcher and the teachers developed an outline for a program of learning how to investigate. The outline is especially focused on improving the quality of the students' investigative work. During the coaching phase the developed education program was carried out under supervision of the coach/researcher. During the evaluation phase teachers and researcher reflected on the experiences and improved on the design of the program.

The design of the study is described in Chapter 4. In the first place it is concluded that the study is about coupled learning processes - those of the teachers and of the students. It is also about a 'double' teaching method: both the teaching method of learning how to investigate and the method of the training and guidance of the teachers are object of research, whereby the first is a part of the second. Further the characteristics of developmental research are discussed. Developmental research is an iterative process of development and research. Developmental research in principle is not repeatable, and the justification is based on a virtual repeatability.

For the study two teachers of one school ('gymnasium'), Sander and Marco, were willing to participate. The in-service training and guidance took place during a period of two years. The preparation phase lasted from September 1995 until December 1995. During the coaching phase from January 1996 until June 1997 five rounds of students' investigative work were carried out with classes of students who were initially midway grade 8 and had reached the end of grade 9 at the conclusion of the coaching phase. In June 1997 the training and guidance phase was completed with an evaluation. Research questions were formulated for each phase. Methods of data collection included: field notes and diary entries of the coach/researcher, observations (supported by audio and video registrations), conversations and interviews with teachers and students, questionnaires for teachers and students, and documents.

Chapter 5 describes the preparation phase of the in-service training and guidance. The following research questions were answered: How were investigations taught before the interventions and what were the relevant teacher beliefs behind this? And: Which changes were made in the plan for how to teach investigations during the preparation phase?

The questions were answered based on an interview with Sander as the initiator of the investigative work of students in his school, and based on six subsequent conversation sessions with both teachers Sander and Marco.

The initial education practice consisted of letting students carry out investigations about four times a year, in which they generated their own research questions and design and carried out the investigations themselves. There was no systematic approach to developing student skills in investigation as the teachers did not (or almost not) discuss the choices they made. In any case there was no specific attention for validity and reliability. For the teachers the motive for their approach was that they wanted to stimulate the autonomy, responsibility and motivation of the students.

During the six sessions meant for preparing the educational program, the following topics were discussed: goals and topics of investigation, teaching strategies, the guidance of the students and the assessment of their work. The researcher/coach tried to convince the teachers of the importance of validity and reliability in their guidance of students' investigative work, using literature and discussions. However, the coach did not succeed in convincing the teachers to use a more systematic approach to the development of student conceptions of validity and reliability in investigations. They particularly wanted to maintain their holistic approach in which students chose their research questions and methodology right from the first investigation. That resulted in a teaching method that did not essentially differ from the initial method the teachers already used before. They did intend to give more attention to the concepts of validity and reliability, and some activities had been designed to stimulate the reflection of the students on the quality of their investigative work.

Chapter 6 describes the process of coaching. The following research questions were answered: What happened during the coaching phase? And: To what extent did the process of coaching contribute to the intended development of the teachers?

The goals of the coaching phase were twofold: on the one hand the further development of the teaching method for learning how to investigate (student level), and on the other hand the coaching of the teachers during the implementation of the teaching method (teacher level). The process of coaching included regular observation of the teaching practice, and a series of sessions (18 in total) during which the teaching approach was prepared and evaluated. Furthermore, attention was paid to the further professional development of the teacher with respect to student investigations and its teaching methodology.

During the first round of student investigations the emphasis of the coaching was on the contents and form of the teaching, and on feedback on the teaching. During the second round it was decided to deepen the teacher knowledge about doing research, and to discuss the quality of research, in order to achieve that the teachers would change their teaching methods in the desired direction. In round three the main issue was the development and evaluation of teaching materials and lesson formats like assessment criteria, texts and tasks on validity and

reliability, and the communication of the results of the investigations. Round four was limited to evaluations of the lessons and round five ended with an evaluation of the entire course.

With respect to the development of the teachers the data indicate the following conclusions:

- The teachers' classroom practice did not really come in conflict with a constructivist view on teaching and learning.
- The teachers strive for pedagogical goals (e.g. student cooperation, autonomy and responsibility) from the beginning. Although they state that they want to pay more attention to the quality of the students' investigative work they do not practice it substantially.
- The teachers never diagnosed the initial knowledge of the students with respect to performing valid and reliable investigative work because they were not focused on it.
- The classroom practice changed during the five rounds of students' investigations in that sense that there was increasing explicit attention for the quality of the investigative work. The strategy for progression however did not change - it stayed holistic - and this did hinder a true development of quality. A first version of intended teaching materials was developed but hardly used.
- The assessment of the students' work, which initially was done intuitively, had been replaced by a more sound assessment on the base of a series of criteria, including criteria concerning the quality of the students' work. During round four and five the teachers tended to go back to an intuitive assessment, because they had the feeling that the more formal assessment did not correspond with their intuitive assessment.

Chapter 7 provides the results of the training and guidance process. The research questions were: What are the reactions of the teachers with regard to the training and guidance provided by the coach? What did the teachers learn regarding the quality and the teaching methods of the students' investigative work? To what extent did the teachers practise the strategy they learned? And: Did any improvements occur in the quality of the students' investigative work, and can we find evidence for it in the products of the students?

For answering these research questions data triangulation was practised. For reactions the perceptions of the teachers were assessed through an evaluation interview. For what they did learn both the perceptions of the teachers and the results of the learning process of the teachers, as described in chapter 5 and 6, were used. In the evaluation of the implementation of the teaching method both the perceptions of the teachers, the results of the learning process of the teachers, and the perceptions of the students were used. And at last the obtained teaching results of the students are supported by the perceptions of both teachers and the learning results of the students, as measured by the researcher.

The teachers did experience the training and guidance in a positive way. The coaching style was appreciated as friendly, calm, careful and non-directive. The teachers did experience the guidance as meaningful, and useful for the growth of their competence. The quality of the students' investigative work was, as they stated, not really their concern.

The teachers were willing to pay attention to the quality of the investigative work, but they were not willing to change their teaching method, because they were too much devoted to their own pedagogical goals such as student cooperation, autonomy and responsibility.

The teachers' knowledge regarding investigative work in the classroom greatly increased.

Their skill in actual guiding investigative work increased as well. However, their beliefs about the main purpose of investigative work prevented a deeper development of learning about improving reliability and validity of investigative work.

As a result of their beliefs which did not really change, the commitment of the teachers to increasing the quality of the students' work was limited. The assessment criteria designed for evaluating student work were only partially implemented in round four and five.

It was tried to measure a progression in the quality of the students' investigative work. For all five rounds average quality of student work was acceptable. Across the five rounds complexity and difficulty of the investigations increased. The question is whether the students have learned to handle the quality of the investigative work deliberately, or rather reached the acceptable level in an intuitive way.

Chapter 8 summarizes the conclusions and discussion and proposes improvements for the teaching and guidance process for the teachers as well as for the student investigations.

Summarizing the answer to the research question, we can conclude that the developed training and guidance did contribute only in a limited measure to teaching which was focused on the improvement of the quality of students' investigative work, and that we did not notice an intentional use of knowledge about quality by the students. This slightly disappointing result can be explained in several ways. If we consider the design of the training and guidance we see that all recent understanding of the learning of teachers has been incorporated. An important aspect however, teachers' ownership of the core theme 'quality of research', was insufficiently realized. And that is why there was a lack of teacher motivation to pay attention to quality in guiding their students. There was no active demand for knowledge about this central theme by the teachers, and their own initiative to turn it into meaningful activities for the students was largely missing. The teachers, who were motivated for doing investigative work with the students, persisted in striving for their own goals and using their own teaching activities, in spite of efforts of the coach. In relation to the quality of research the teachers got stuck in an intuitive teaching strategy level and possibly because of this, the students did not rise to more abstract levels beyond the everyday life level either.

The following are recommendations for teaching investigations:

- The investigative work done by students can serve a higher-level goal, namely the development of a critical attitude of students towards information, and towards the actions of themselves and others. This goal, which contributes to the development of the responsibility of the students could help to convince teachers in improving the quality of students' investigative work.
- The reflection of the students on their own investigative work and that of their fellow students should be used to formulate criteria for quality with the students during the lessons. In this way the students develop the necessary metacognitive knowledge for doing investigative work with quality themselves.
- It is important that there are teaching materials on hand, which can be used explicitly for the learning of aspects for quality of investigative work.
- An alternative approach for the development of a teaching method possibly can be found in research based on problem posing education.

For the training and guidance of the teachers the following recommendations can be made:

- When one wants to provide training and guidance about investigations, one must realize that only few teachers have experience with students' investigative work, and if so, that they do not explicitly pay attention to the quality of it. Teachers without extensive experience in teaching investigations must be given enough time to experience this classroom activity, however, they might be more open to accept the teaching methods about raising quality in comparison with teachers who have more experience and have already established their own practice with regard to student investigations.
- It is important that the teachers and coach know each others' beliefs, and that the teachers fully accept the goals of the training and guidance. In case the gap between teachers and coach is too big, one should consider adjusting those goals.
- For the organization of the training and guidance it is important to have ample facilities in terms of teacher time, sufficient opportunities to practise peer coaching, and time for expert coaching.

The final recommendation is to create opportunities within the regular teacher training program to learn about and practise teaching and learning about investigations with a focus on quality of students' investigative work.

DANKWOORD

Op deze plaats wil ik een aantal mensen bedanken die op een of andere manier een rol hebben gespeeld bij het totstandkomen van dit proefschrift.

Allereerst wil ik mijn promotoren Piet en Theo bedanken voor de energie en tijd die ze in de begeleiding van mijn onderzoek hebben gestoken. Ze gebruikten hun kennis en ervaring om ervoor te zorgen dat het proefschrift uiteindelijk voldoende kwaliteit kreeg. Verder dank ik Ed van den Berg, die me met name in het begin van mijn onderzoek met zijn enthousiasme een flink eind op weg geholpen heeft, en Rob van Haren met wie ik een paar jaar mijn kennis over leerlingonderzoek mocht delen.

Heel veel dank gaat ook uit naar Ad en Cor, de docenten uit mijn onderzoek. Ze gingen met mij op expeditie naar een gebied, dat deels nog niet in kaart was gebracht. Dank ook aan alle leerlingen die bij mijn onderzoek betrokken zijn geweest. Ook dank aan Hans Geuns die als TOA veel werk achter de schermen verrichtte.

Verder dank aan de collega's bij het ILS (het voormalige UNILO), die in gesprekken zorgden voor de nodige kritische noten en opbeurende hulp. Speciale dank gaat uit naar de subfaculteit natuurkunde van de KUN die me in de gelegenheid stelde mijn onderzoek binnen mijn werk op de afdeling OVN af te ronden.

Veel dank gaat ook uit naar Harrie Koster voor zijn technische ondersteuning bij het maken van de opnamen in de klas, en Gijs van Hengstum en Helga Aarts voor het uitwerken van de audio-opnamen.

Dank aan Rein Tromp, mijn mede-auteur van EUREKA en NOVA, die me door zijn opbeurende kritiek beter leerde schrijven en die in het manuscript nog de nodige punten en komma's op hun plaats zette.

Dank aan mijn mederedacteuren van EXAKTUEEL die in de marge zorgden voor inspiratie.

Dank aan docenten en collega's in het land die hebben bijgedragen aan mijn beeldvorming over leerlingonderzoek, met name ook de leden van OZON.

Tot slot dank aan José en de kinderen, mijn familie en mijn vrienden, die dit alles de moeite waard maken.

CURRICULUM VITAE

Theo Smits werd geboren op 24 augustus 1948 te Ulft. Na in 1964 zijn mulo A en B diploma's gehaald te hebben aan de ulo St. Willibrordus te Ulft en in 1966 zijn HBS-B diploma aan het St. Ludgercollege te Doetinchem ging hij natuurkunde studeren aan de Katholieke Universiteit Nijmegen. Daar behaalde hij in 1972 zijn doctoraal diploma, met een eerstegraads onderwijsbevoegdheid natuurkunde.

In de periode 1972 - 1988 was hij natuurkundeleraar op achtereenvolgens het Maaslandcollege te Oss, en de Vincent van Goghavo (nu: het Mondriaancollege) te Oss, waar hij een methode ontwikkelde voor het natuurkundeonderwijs in de onderbouw. In 1985 werd hij door Hans Beltman, het toenmalig hoofd van de Afdeling Didactiek Natuurkunde van de KUN gevraagd om drie jaar lang halftime in dienst te komen bij de afdeling. Toen Hans in 1988 overleed werd hij zijn opvolger. Als gevolg van de oprichting van UNILO werd hij in de gelegenheid gesteld om te promoveren. Met dat promotieonderzoek werd in 1995 begonnen. Sinds januari 1999 werkt hij fulltime als onderwijskundig medewerker bij de afdeling Onderwijszaken en Voorlichting Natuurkunde (OVN) van de subfaculteit natuurkunde.

Ook buiten zijn werk heeft hij altijd veel interesse gehad in vernieuwingen van het (natuurkunde)onderwijs. Zo was hij in de jaren 70 lid van de Lerarengroep Natuurwetenschappen Nijmegen, die zich bezighield met het stimuleren van projectonderwijs in de exacte vakken. In 1985 werd hij lid van de schijfgroep Nijmegen van het PLON. Deze groep besloot in 1986 het tijdschrift EXAKTUEEL op te richten, waarin krantenartikelen geschikt werden gemaakt voor gebruik in de natuurkundelessen. Dit tijdschrift is nu bezig aan zijn 17de jaargang.

In 1987 werd hij medeauteur van de onderbouw natuurkundemethode EUREKA van uitgeverij Malmberg. Deze methode is inmiddels herzien tot een natuur- en scheikundemethode onder de naam NOVA. Tot slot, maar zeker niet het minst belangrijk: hij is een passief voetbal- en actief muzikliefhebber.

