

## Dilemma's in practicum onderwijs

Henk Vos is fysicus en onderwijskundige. Na een promotie in de kernfysica in 1972 heeft hij als docent aan een natuurkundelerarenopleiding gewerkt en vervolgens als staftrainer van universitaire natuurkundedocenten in Indonesië. Hij werkt sinds 1985 aan de Universiteit Twente als universitair docent en onderwijsadviseur in de afdeling Elektrotechniek. In 2001 is hij gepromoveerd op het onderwerp: Metacognitie in het Hoger Onderwijs. In zijn proefschrift heeft hij een aantal succesvolle onderwijsvernieuwingen voorzien van een theoretische achtergrond. Sinds 2002 is hij tevens werkzaam als zelfstandig onderwijsadviseur.

Emailadres: h.vos@utwente.nl

Vaak verwachten studenten voor hun grote inzet een hoog cijfer. Maar wanneer ze geen inzicht vertonen of een verkeerde aanpak volgen, moeten ze dan een hoog cijfer krijgen om ze te stimuleren of een demotiverend laag cijfer om aan te geven dat ze met de verkeerde dingen bezig waren? Dit dilemma geldt algemeen in het onderwijs. We richten ons hier op het practicum onderwijs waar berekeningen, simulaties en metingen uitgevoerd worden aan experimentele opstellingen.

Soms worden historische experimenten op een practicum herhaald. Wordt de student daar wijzer van of kunnen zulke experimenten beter wegbezuinigd worden? Moeten studenten proeven zien als een illustratie bij de theorie of betekenen experimenten meer? Als een onderzoekende houding even niet te vinden is bij de studenten, moet de open opdracht dan maar vervangen worden door een kookboek practicum? Moeten ze vaak (tijdrovende) verslagen schrijven of is een enkele keer voldoende?

Dergelijke dilemma's duiken steeds weer op. Gelukkig bestaan er oplossingen die aantoonbaar hebben gewerkt. Deze zullen worden besproken aan de hand van eenvoudige voorbeelden die gemakkelijk te vertalen zijn naar meer ingewikkelde. Tevens zal een overzicht gegeven worden van een aantal dilemma's in de vorm van leren op twee verschillende niveaus. Deze niveaus kunnen geïnterpreteerd worden als cognitief en metacognitief. Een uitweg is mogelijk door in concrete opdrachten niet doelen op beide niveaus tegelijk na te streven. Allereerst worden verschillende soorten practica met hun problemen en hun doelen onderscheiden.

### Leerdoelen

De doelen die bij practica geformuleerd worden, zijn meestal de doelen die de docent in zijn hoofd heeft, zoals nauwkeurig aflezen of inzicht verwerven. We zullen dat onderwijsdoelen noemen. De studenten hebben vaak andere doelen, zoals het halen van een voldoende of iets zelf willen uitzoeken. We zullen deze leerdoelen noemen.

Het formuleren van een onderwijsdoel betekent niet automatisch dat dit ook een leerdoel wordt: het onderwijsdoel "de student moet zelf willen onderzoeken" wordt door Watzlawick e.a [1] een pragmatische paradox genoemd. Immers, als de student dit onderwijsdoel als opdracht opvat, voldoet hij juist niet aan de opdracht.

Wil het onderwijs effectief zijn dan dient het leerdoel van de student overeen te komen met het beoogde onderwijsdoel.

### Typen experimenten

Het eerste type practicumexperimenten is het uitvoeren van *historische experimenten*. Een voorbeeld hiervan is het bepalen van de lading van het elektron, of een modernere versie, het quantum Hall effect in een 2-dimensionale halfgeleider bepalen. Diverse onderwijsdoelen zijn mogelijk zoals de apparatuur beheersen. Dan kunnen we ze ook *apparatuur proeven* noemen. Het leerdoel dat vaak ontbreekt is: zelf willen meten. Een mogelijke verbetering is de studenten van tevoren voorspellingen te laten doen over uitkomsten of nauwkeurigheid, of

zelf een onderwerp te laten kiezen. Een voorbeeld uit eigen ervaring is mijn onderzoek aan de rechte boemerang [2].

Een ander type zijn de *illustrerende proeven* bij college en theorie. Een voorbeeld is het meten van de lineariteit van een weerstand. Het onderwijsdoel zou hier kunnen zijn om inzicht in het gedrag van een weerstand te krijgen. Een leerdoel ontbreekt vaak omdat de student het al denkt te weten. Een verrassing kan hier helpen: een weerstand van 100 ohm, 1/4 W, gaat al bij 10 V in rook op. Een alternatieve opdracht is: het gedrag van een onbekend element te identificeren.

Een volgende categorie proeven is die waarin *praktische oefening, of toepassing van de theorie* aan de orde komt, zoals RC-tijden bepalen. Het onderwijsdoel van deze proeven is meestal het beheersen van berekeningen, metingen, apparatuur en/ of opstellingen. Vaak ontbreekt het leerdoel: iets willen modelleren.

Een mogelijk alternatief is om de studenten iets te laten maken. Door te eisen dat ze eerst de onderdelen begrijpen en doormeten, worden de genoemde onderwijsdoelen indirect tot leerdoelen. Een voorbeeld is het START-P-project in onze afdeling Elektrotechniek. De studenten komen net binnen en gaan in groepen een robotje begrijpen, met behulp van RC-berekeningen, netwerksimulaties in PSPICE, metingen met een dual trace storage oscilloscoop, signaalgenerator en voedingen. Ze blijken een minimum aan informatie nodig te hebben.

### Begeleiden

Bij het *begeleiden* van de studenten komen algemene dilemma's naar voren. Moet je studenten voorzeggen wat ze moeten doen ("alles voorkauwen"), of moet je ze zelf een aanpak laten ontwikkelen. Een tussenoplossing is hier om in plaats van antwoorden te geven de studenten verstandige vragen te stellen. Student-assistenten kunnen hier heel goed in zijn.

Een ander dilemma is dat van lief zijn voor studenten (niet te veel eisen stellen) versus realistisch zijn (geen inzicht of een verkeerde aanpak geeft een laag cijfer als indicatie dat er iets verbeterd moet worden). Het laatste werkt vaak demotiverend. Een oplossing is om de studenten een laag cijfer te geven met feedback over wat er verkeerd was, vlak voor een gelegenheid waarbij ze hun aanpak kunnen corrigeren en hun cijfer ophalen (just in time feedback).

### Leren experimenteren

Het laatste type practicum is de *open opdracht of het vrije experiment*. Dit lijkt op het leren doen van zelfstandig onderzoek aan een zelfgekozen probleem met zelfgekozen middelen waar iets nieuws uit komt. Een voorbeeld hiervan is het doen van onderzoek aan de zwevende gyroscoop, die als speelgoed te koop is. Dergelijke experimenten bereiden voor op het doen van wetenschappelijk onderzoek, vormen soms al een onderdeel daarvan, en kunnen in simpele vorm al vroeg aangeboden worden (het profielwerkstuk in het VWO).

Het dilemma hier is aan de ene kant om de studenten te snel in het diepe te gooien en aan de andere kant om ze teveel aan het handje te houden. Zelfstandigheid geven is niet hetzelfde als zelfstandigheid ontwikkelen. Het onderwijsdoel kan vaak geformuleerd worden als systematisch leren experimenteren. Wat vaak ontbreekt is een strategie, een methodiek voor een systematische aanpak. Het gevolg is dat de studenten door vallen en opstaan moeten ontdekken wat de bedoeling is, zichzelf overschatten, of afhaken.

Het is lastig om zo'n strategie onder woorden te brengen want de docenten verschillen erover van mening [3]. Gelukkig zijn er diverse technieken waarmee toch een voor iedereen acceptabele strategie is te formuleren. Een voorbeeld van zo'n strategie is bij Elektrische Netwerkanalyse in onze faculteit geïmplementeerd [3]. De kern van de methodiek is dat berekening- en meetresultaten met elkaar moeten kloppen (vergelijkbaar met: hypothese opstellen en toetsing) en dat ontbrekende informatie zelf opgespoord moet worden.

Deze methodiek moet geleidelijk opgebouwd worden. Wij deden dat met succes [3] in drie stappen: 1) de methodiek introduceren in de context van bekende leerstof onder verwijzing

naar benodigde maar verspreide informatie (bij de opdracht, ergens anders in de handleiding, in het collegedictaat en/of een boek); 2) de studenten bij nieuwe leerstof herinneren aan de methodiek door hints te geven maar zonder verwijzing naar de benodigde informatie; 3) opdrachten zonder verwijzing naar de methodiek in een nieuw domein gebaseerd op collegestof die voor een gedeelte nog niet behandeld was op het moment van het practicum.

### Verslaglegging

Een heikel punt is de *verslaglegging*. Deze kost veel tijd. Er moeten labjournaals (logboeken) worden bijgehouden. Uiteindelijk moet een verslag gemaakt worden. Het lijkt de studenten niet aan het verstand te brengen dat een logboek alles omvat wat er gebeurde (ook wat er verkeerd ging) en dat een verslag bedoeld is om je resultaten, methodes, en aanpak te verantwoorden naar de wetenschappelijke wereld om je heen, en dat deze twee dus verschillen. Er liggen hier weer een aantal dilemma's. Niet teveel eisen stellen vs. juist wel eisen stellen. Voorbeelden geven vs. uitleggen hoe het moet vs. aparte schrijftraining vs. zelf een artikel laten publiceren.

Een alternatief is hier om de principes van het verslagleggen afzonderlijk te oefenen. Deze methode is al eens eerder gepropageerd [4] en kan nu geconcretiseerd worden. Het eerste principe is onderscheid maken tussen feit en mening, tussen data en conclusie. Bij het schrijven van labjournaals is dit eveneens een belangrijk principe en kan daar geoefend worden. Een tweede principe is het maken van een samenvatting, ook indirect nodig om het verslag compacter te maken. Dit principe kan bijvoorbeeld via het maken van een poster geoefend worden. Een derde principe is dat van hypothesevorming en toetsing. Dit kan bij leren experimenteren in simpele situaties al geoefend worden, zoals boven beschreven.

### Twee niveaus van leren

Het voorgaande kan samengevat worden in een overzicht waarin zes aspecten van het leren worden weergegeven (Tabel 1). Deze zes aspecten komen uit de theorie [5] en omvatten allereerst het motiveren om te leren, het stellen van leerdoelen, en het activeren en op peil brengen van de benodigde voorkennis. Als aan deze voorwaardelijke aspecten niet voldaan is, vindt er weinig of geen leren plaats. Vervolgens gaat het om de oriëntatie op de uit te voeren oefening of taak, de uitvoering zelf, en de evaluatie van uitkomsten, uitvoering en voorbereiding. Een aantal voorbeelden van deze aspecten zijn weergegeven in twee kolommen, op twee verschillende niveaus.

Tabel 1. Aspecten van leren op twee niveaus

Leeraspect	Laag niveau	Hoog niveau
1. Motivatie	Doen wat de docent zegt, dat is goed voor mij. Vak halen.	Uitdaging. Verrassing. Vrijheid. Zelfstandigheid. Zelfverantwoordelijkheid.
2. Doelen	Taak uitvoeren. Voldoende cijfer.	Willen snappen. Willen weten. Willen onderzoeken. Inzicht.
3. Voorkennis	Handleiding (theorie en gegeven stappen) doorlezen. Just in time informatie (docent).	Nodige informatie zelf opzoeken. Methode van aanpak kiezen. Just in time feedback (docent).
4. Oriëntatie	Handleiding volgen. Kijken naar een demonstratie.	Informatie begrijpen. Proefexperiment uitvoeren.
5. Uitvoering	Kookboek uitvoeren (individueel).	Zelf kookboek maken (samen).

	Lege tabel invullen. Opschrijven hoe het is gedaan en wat er uit kwam (samen).	Lege tabel maken en vullen. Opschrijven waarom het zo is gedaan (individueel).
6. Evaluatie	Uitkomst checken: Is dit goed zo, meneer?	Verwachting vergelijken met resultaat. Nagaan of het beter kan.

Op enkele plekken zijn de consequenties voor samenwerken aangegeven, zoals dat vaak in een practicum in paren of in een project met vier of meer studenten plaats vindt. Dat vergt enige toelichting.

Op laag niveau is het doel iets te beheersen, bijvoorbeeld een meetinstrument. De uitvoering dient dan individueel plaats te vinden, anders is beheersing niet gegarandeerd. Reflecteren op wat ze gedaan hebben en het verwerven van inzicht is hier geen doel voor de studenten, zodat het schrijven van een verslag of logboek best samen mag gebeuren. Wat geëvalueerd wordt, en beoordeeld, is de beheersing van een vaardigheid, niet of ze het goed kunnen opschrijven.

Het omgekeerde is het geval op het hogere niveau. Daar is willen snappen en onderzoeken het doel. Het samenstellen van het kookboek en dat uitvoeren mag dan best gemeenschappelijk plaats vinden. Echter, het schrijven van logboek of verslag is voor de studenten een oefening in het reflecteren op wat ze gedaan hebben, waarin ze hun begrip en inzicht weergeven. Dat moet dus individueel, niet alleen ter oefening maar ook ter beoordeling.

### Cognitie en metacognitie

Hier worden twee niveaus onderscheiden die elk hun waarde hebben. In de praktijk lopen ze daarom ook vaak door elkaar. Leren op laag niveau is cognitief van karakter. Cognitie is het vermogen om intelligent te handelen en omvat informatie verwerken, kennis, vaardigheden, en gevoel daarvoor. De aandacht is gericht op input, output en assistentie (extern). De sturing van de taken vindt plaats door waarneembare elementen zoals een "kookboek", demonstratie of lege tabel (veldsturing). De houding van de student is afhankelijk. Meer is niet nodig op dit niveau.

Leren op hoog niveau is metacognitief. Metacognitie is bewust of onbewust doorhebben waar je mee bezig bent. Het is cognitie die betrekking heeft op de eigen cognitie. Bij metacognitie zijn de externe factoren minder belangrijk. De aandacht is gericht op het eigen cognitief functioneren (intern). De sturing van de taken vindt plaats door interne elementen (zelfsturing), zoals inzicht in de stof willen, willen begrijpen wat de bedoeling is, zelf willen nagaan of het klopt. De houding van de student is kritisch.

Het onderwijs gericht op cognitieve doelen dient anders ingericht te worden dan het onderwijs gericht op metacognitieve doelen. Dilemma's in het practicumonderwijs zoals boven beschreven ontstaan als er geen keus tussen cognitieve of metacognitieve onderwijsdoelen wordt gemaakt. Beide moeten weliswaar aan de orde komen, maar niet tegelijk.

### Referenties

1. Watzlawick, P., Beavin, J.H. en Jackson, D.D. De pragmatische aspecten van de menselijke communicatie. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum, 1974
2. Vos, H. Straight boomerang of balsa wood and its physics. Amer.J.Phys.53(6), June 1985, 524-527.
3. Vos, H. *Metacognition in higher education*. (Enschede: Twente University Press, 2001). URL-adres: <http://doc.utwente.nl/37291>.

4. Vos, H. Strategie voor practicumverslagen. Ned. Tijds. V. Natuurkunde B53, 4 (24-2-1987) 19.
5. Mettes, C.T.C.W. en Pilot, A. Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen. Proefschrift, Technische Hogeschool Twente, 1980.