

Een onderwijsconcept, mogelijk door de invoering van competentie gericht onderwijs en gebaseerd op jarenlange ervaring. Deelnemers van de Laboratoriumschool van ROC Eindhoven werken zelfstandig in het gecombineerde vak WINA (Wis- en Natuurkunde). **Jos Vervoort** doet mee aan de ontwikkeling van de materialen, begeleidt de studenten en doet verslag van het onderwijsconcept.

## Je bent veel slimmer dan je denkt!

### Inleiding

In de literatuur kom je het tegen als CASE, Cognitive Acceleration through Science Education, gebaseerd op het leerpsychologisch gedachtegoed van Piaget en Vygotski. In Eindhoven kom je het tegen op de laboratoriumschool van ROC Eindhoven. Het vak heet daar WINA (Wis- en natuurkunde) en wordt onderwezen in het eerste jaar van de BOL4-opleiding voor laboratoriumonderwijs.

### Een beetje theorie vooraf



Lev Vygotski (1896–1934)



Jean Piaget (1896–1980)

Piaget is bekend om zijn onderzoek naar de ontwikkeling van het denkvermogen bij kinderen. Zijn constructivistische opvatting over leren is gebaseerd op:

- assimilatie, het door persoonlijke ervaringen aanpassen van je kennis en denkwijze;
- accommodatie, het door persoonlijke ervaringen accommoderen (scherp stellen) van kennis en denkwijze;
- equilibratie, het nieuwe evenwicht na accommodatie.

Volgens Piaget wordt de ontwikkeling van de menselijke intelligentie mogelijk gemaakt door vier factoren:

1. Rijping van het centrale zenuwstelsel. De neurologische ontwikkeling is bij de geboorte nog niet voltooid.

2. Ervaringen. Vooral bij het omgaan met voorwerpen en materialen, maar ook bij het denken en praten daarover.
3. Sociale interactie. Het kennismaken van de ideeën van anderen, waardoor bestaande evenwichtstoestanden verstoord kunnen worden omdat tegenstrijdigheden in het eigen denken aan het licht komen.
4. Equilibratie. De interne reorganisatie van bestaande mentale structuren na verstoringen van het evenwicht.

Volgens Piaget is de laatste factor het belangrijkste. Het cognitief conflict is een belangrijk middel om het evenwicht te verstoren. Uiteindelijk kan het niveau van formeel denken bereikt worden. Begrippen als kracht per oppervlakte-eenheid en massa per  $m^3$  behoren tot de formele fase. Het voorspellen van een fysisch effect door middel van een wiskundige formule is een ander voorbeeld. Constructie van kennis vergt actief leergedrag.

Het mogelijk meest invloedrijke concept van de theorie van Vygotski is de zone van naaste ontwikkeling. De zone van naaste ontwikkeling wordt bereikt met hulp van een mediator (expert). Deze zorgt voor de juiste tools die passen bij het bestaande denkniveau. Interactie met je omgeving is erg belangrijk. Door je denkwijze te beschrijven in woorden (spreken en schrijven), wordt het denken gecompleteerd (gestructureerd). Men noemt dit ook wel sociaal-constructivistisch.

### De opleiding

Leerlingen komen van het VMBO en de verschillen zijn erg groot, zeker op gebied van wiskunde en rekenvaardigheid. Natuurkunde en/of scheikunde ontbreken vaak als examenvak. Leerlingen kunnen op twee manieren uitstromen: op niveau 3 om te gaan werken als laborant en meer bezig te zijn met routinematig

onderzoek en op niveau 4 om te gaan werken als analist of om verder te studeren aan het HBO.

Om niveau 3-studenten een reële kans te geven om door te kunnen stromen naar niveau 4 en niveau 4-studenten een reële kans te geven door te stromen naar niveau 5, (HBO) is voor de exacte vakken wiskunde en natuurkunde een leeromgeving ontwikkeld die de studenten echt slimmer maakt. De jonge mensen komen binnen als leerlingen met een geringe bagage aan leervaardigheden en ontwikkelen zich als echte studenten, die verantwoordelijkheid nemen voor hun manier van leren.

De mogelijkheid om het onderwijs in de exacte vakken op deze manier te organiseren, is ontstaan door de invoering van competentiegericht onderwijs. Het keurslijf van de eindtermen maakte het vrijwel onmogelijk om de samenhang en ondersteuning voor de beroepsgerichte integrale opdrachten vorm te geven. De overheid geeft aan welk niveau van rekenen een BOL4 moet hebben (3F) en het betreffende kenniscentrum beschrijft in het kwalificatiedossier van de opleiding welke kennis, vaardigheden en houding nodig zijn om competent te kunnen functioneren. Het niveau van de exacte vakken is voor drie van de vier onderdelen, zoals geformuleerd in het raamwerk van het Freudenthal Instituut, aanmerkelijk hoger. Het is evident dat bij een laboratoriumopleiding het onderdeel 'gegevensverwerking/onzekerheid' belangrijker is dan het onderdeel 'ruimte en vorm'. Bij een opleiding bouwkunde zal dat andersom zijn.

## Het vak WINA

Er wordt begonnen met het onderdeel gecijferdheid. Dit bestaat uit een onderdeel basisrekenen, eigenlijk een opfriscursus voor de belangrijkste basisbewerkingen en de opbouw van en soorten getallen. Vervolgens wordt gerekend met allerlei eenheden en voorvoegsels, significantie en het omvormen van eenvoudige formules. Er zijn veel contexten, vooral natuurkundig en meetkundig, zodat een kritische beschouwing van het antwoord of de uitkomst goed mogelijk is. Het onderdeel 'per gedachte' is het meest interessant omdat hierbij het denken met verhoudingsgetallen en het inductief afleiden van eenvoudige formules centraal staat.

Grootheden als dichtheid van een stof, MAC-waarde, concentratie, vochtigheid, snelheid en toerental zijn analoog en deze contexten lenen zich uitstekend om allerlei rekenkundige vaardigheid op los te laten. Degenen die dit beheersen, hebben zeker een rekenniveau 3F.

Afhankelijk van het gekozen einddoel zijn boeken gemaakt met als titel: toegepaste wiskunde, grafieken

en verbanden, statistiek, warmte, elektrische velden, atoomfysica. Sommige onderwerpen zijn meer wiskundig, andere meer natuurkundig. Ieder werkboek wordt gecompleteerd door een speciaal voor de begeleiders gemaakte handreiking met alle uitwerkingen van de opgaven en reflectievragen. Hierin is een schat aan onderwijservaring opgenomen.

## Het leermateriaal

### Opgave 3.15



- De OEG (onderste explosiegrens) voor aardgas ligt bij 5 vol%. Bereken hoeveel aardgas er mag lekken in een kamer van 250 m<sup>3</sup>.
- Voor benzinedamp geldt een explosiegrens van 6000 ppm. Bereken hoeveel liter damp dat is per 1000 liter lucht.
- De dichtheid van benzine is 0,8 gram per mL vloeistof en de maximale dichtheid van benzinedamp is 3,5 mg per liter damp. Bereken hoeveel mL benzine je mag laten verdampen per m<sup>3</sup> lucht.



3.17

- R51 Wat wordt bedoeld met MAC-waarde benzine = 3,5 mg/l
- R52 1 liter zuivere lucht weegt bij normale druk en temperatuur 1300 mg en bevat 20 vol% zuurstof (O<sub>2</sub>) en 80 vol% stikstof (N<sub>2</sub>). Hoeveel moleculen O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub> zijn er per 100 moleculen lucht? Zuurstofmoleculen zijn 1,14x zo zwaar als stikstofmoleculen. Laat zien dat 1 L lucht van 1300 mg, 288 mg O<sub>2</sub> bevat.
- R53 Leg uit waarom er bij 6000 ppm 6 benzinemoleculen per 1000 luchtmoleculen aanwezig zijn?



3.3

- S18 Wat betekent %, ‰, ppm, ppb? Geef voorbeelden van omrekenen.
- S19 De MAC-waarde van waterstofsulfide is 10 ppm. Wat betekent dat? Hoe reken je de MAC-waarde uit in mg/m<sup>3</sup>?
- S20 Hoe bereken je de hoeveelheid van een giftig gas dat maximaal in de lucht mag zitten?
- S21 De OEG-waarde van aardgas is 5 vol%. Wat betekent dat?

De methode bestaat uit een werkboek en een gereedschapskist op internet. Het werkboek bevat opgaven waarmee de kennis wordt geconstrueerd en reflectievragen die bedoeld zijn om een beeld te krijgen van de kwaliteit van het leren. Uit de handleiding voor de leerlingen:

	1.1	Reflectievragen
	3.2	Samenvatting voor toolboek
		Zonder zakrekenmachine
	1.1	Verwijzing naar internetsite
	2.3	Leergesprek op de site <a href="http://www.vervoortboeken.nl">http://www.vervoortboeken.nl</a>



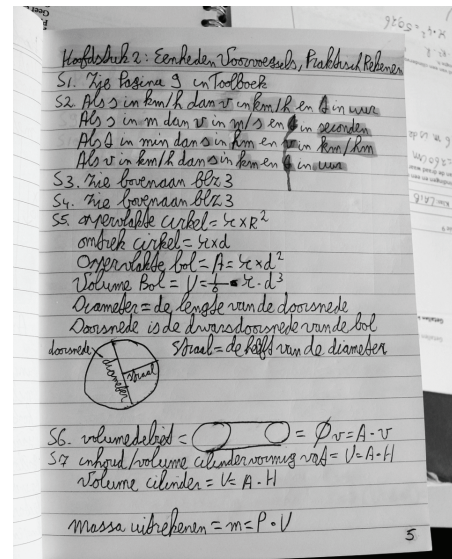
De gewone opgaven bestaan uit contextrijke opgaven, waarin meestal fysieke, technische of economische contexten ingeleid worden, en oefenopgaven om meer structuur op te bouwen met wiskundige vaardigheden. Extra oefenmateriaal wordt in de toekomst vooral digitaal aangeboden. De site van het Freudenthal Instituut bevat reeds veel oefenmateriaal.

De R-vragen zijn bedoeld om te verwoorden. De R-vragen lenen zich voor het bespreken van concepten en misverstanden met de leraar, maar ook met de medestudenten. Er is altijd een boek met uitgewerkte R-vragen beschikbaar. De kwaliteit van de uitwerking zegt veel over de kwaliteit van het leerproces.

De S-vragen zijn bedoeld als tip voor het eigen toolboek. Bij de S-vragen moet je op een voor jouw heldere manier samenvatten hoe jij iets kunt berekenen of bepalen. Je mag dit toolboek gebruiken bij de diagnostische toets en andere beroepsgerichte opdrachten. Als je niet begrijpt wat er in staat, is het geen hulpmiddel en is ook het resultaat van de diagnostische toets slecht. Er is een site met tools zoals diagnostische toetsen, afbeeldingen voor het toolboek, Excel-tools, leergesprekken, internetlinks, simulaties en Powerpoint-tools.

Bijzonder hierbij is dat de leergesprekken een inzicht geven in het leren van de student. De leergesprekken zijn opgenomen met een smartpen. Tijdens een gesprekje met een leerling wordt een schetsje gemaakt en wordt gesproken over een zogenaamd 'cognitief conflict'. Dit gesprekje wordt in de vorm van een

flashfilmpje op de site geplaatst en leerlingen kunnen altijd op iedere plaats nog eens gaan luisteren. Soms is het ook een extra stukje uitleg. Op de site [www.vervoortboeken.nl](http://www.vervoortboeken.nl) staan voorbeelden.



Voor meer informatie over de Smartpen: [www.livescribe.com/education/learning.html](http://www.livescribe.com/education/learning.html). De site wil ook een platform zijn voor docenten exacte vakken die de visie delen en hun onderwijs willen veranderen.

### Studentgedrag en organisatie

Studenten doen na een geadviseerde periode een schriftelijke diagnostische toets. Er is een verzameling uitgekende toetsen aanwezig. De kwaliteit is dusdanig dat precies getoetst wordt wat gewenst is met een beheersbare nakijktijd. Regelmatig is het resultaat van de eerste toets onvoldoende, omdat de wijze van bestuderen nog te oppervlakkig is. Vervolgens wordt een plan van aanpak gemaakt, waarbij alle eerder genoemde tools een belangrijke rol spelen.

Een gedegen toetsanalyse, door de student zelf uit te voeren, is hierbij belangrijk. Dit analyseren wordt vaak gedaan in samenwerking met andere studenten. Alle toetsen worden in een soort portfolio bewaard. Voor het mogen uitvoeren van de tweede poging moet aan voorwaarden voldaan worden.

Het kost tijd en moeite om je te ontwikkelen en echt slimmer te worden. Studenten hebben behalve de genoemde tools veel begeleiding nodig in hun manier van leren. In een groep studenten werkt iedereen in een tempo dat voor hem of haar haalbaar is en de docent begeleidt dit proces. Je ziet dat de 'betere' student sneller naar een hoger niveau gaat en dat de 'student met meer hiaten' groeit in zelfvertrouwen en ook een goed beeld krijgt van zijn of haar manier van leren.



De tijd die nodig is om een bepaald niveau te halen, is erg verschillend. Daar kan soms wel een jaar tussen zitten. Je ziet veel samenwerking gebaseerd op talrijke gronden.

Studenten hebben een lokaal, een studielandschap met computers en werktafels en aparte studiekamers tot hun beschikking. Een aantal uur per week is begeleiding aanwezig (drie uur per week per groep van vijftien tot dertig leerlingen). De groepsgrootte hangt af van de benodigde mate van begeleiding. Verder is er een 'studentsuccescentrum' voor extra begeleiding.



De leerlingen moeten zelf keuzes maken en hulp vragen. De leeromgeving is veilig en gericht op wat studenten wel kunnen en willen bereiken. We zien dat leerlingen die moeite en tijd willen investeren studentgedrag gaan vertonen, meer zelfvertrouwen krijgen en inderdaad de eerder genoemde cognitieve acceleratie ondergaan. Het is als begeleider een feest deze persoonlijke ontwikkeling van nabij te mogen meemaken en daar een rol in te spelen. Het is ook duidelijk dat ontwikkeling van het denkvermogen in het algemeen leidt tot een duidelijke kwaliteitsverbetering van de competenties. Ga zeker eens kijken op de site [www.vervoortboeken.nl](http://www.vervoortboeken.nl)!

## Interviews met de leerlingen

### Midia

Ik ben iemand die heel veel gemist heeft van de vooropleiding, alle vakken, maar het meest wiskunde. En natuurkunde heb ik helaas nooit hiervoor gehad. In mijn vier jaar tijd dat ik in Nederland woon heb ik alleen een klein beetje van rekenen mee kunnen krijgen (wat wiskunde betreft), maar optellen, aftrekken, met breuken werken etc. wist ik al van de basisschool.

Toen ik pas hier op LMP begonnen was en bij mijn eerste lessen van WINA dacht ik nee, dit gaat nooit goed komen! Toen ik naar de inhoudsopgave keek zag ik het eerste hoofdstuk nog wel zitten, maar daarna was alles onbekend voor mij. Maar gelukkig was dit een andere manier van leren dan gewoonlijk op een school, dat de docent de stof in de klas uitlegt en je krijgt een paar opgaven die je moet maken, daarna samen controleren en meestal was het goed omdat je van die mooie trucjes kon gebruiken en dat je eigenlijk niet snapt waarom dat zo is!

Toolboek: In het begin dacht ik; ja maar wat heeft dat nou weer voor zin om bij een toets een toolboekje bij te hebben, waar je de belangrijkste dingen, formules erin hebt, kan je net zo goed de toets niet maken!! Maar blijkbaar werkt het niet als een spiekbriefje waarvan je alles over kunt schrijven. Als ik mijn toolboek vol heb met formules, voorbeelden van een onderwerp uitgewerkt, en ik krijg een vraag dat ik niet snap hoe het in elkaar zit, dan heb ik niks aan het toolboek, en heeft het ook geen nut om alles erin te zetten dat je niet begrijpt, weet hoe dat kan, en dat je ook niet kunt uitleggen waarom iets zo is. Een goed toolboek opbouwen vind ik nog steeds wel moeilijk, maar het wordt steeds beter.

De belangrijkste dingen die ik hier geleerd heb:

- Leren hoe je moet leren!!!
- De toetsen maken om te kijken of ik het ook echt snap, niet alleen een 8 halen met trucjes
- Veel van de dingen die ik bij WINA leer, gebruik ik ook bij andere vakken bio, chemie

Ik ben nu veel onafhankelijker geworden, ik heb veel geleerd maar moet nog veel meer leren, maar ik heb er een goed gevoel bij en als ik terug kijk naar m'n resultaten, dan voel ik me steeds slimmer worden!!

### Orhan

Mijn ervaringen met WINA zijn zeer positief. Ik hoop in het vervolg op dezelfde manier te kunnen studeren, omdat het zeer effectief is voor mij. Mijn positieve ervaring komt door de volgende redenen.

Als eerste vind ik het heel belangrijk dat eenieder zijn eigen tempo kan bepalen, en dat is mogelijk bij WINA.

Je bent niet afhankelijk van het tempo van de andere leerlingen. Als je moeite hebt met een onderwerp in het boek en daar meer tijd voor hebt, kun je de tijd die jij daarvoor nodig hebt, daarvoor altijd nemen. Dat geldt ook voor de onderwerpen die je te makkelijk vindt. Je hoeft dan niet op je medeleerlingen te wachten tot zij ook klaar zijn voor de toets. Je hoeft ook geen toets te maken als jij daar niet klaar voor bent.

De site van Jos Vervoort helpt ook heel goed bij het studeren. Zo kun je luisteren naar leergesprekken over leerstoffen. Er staat uitleg over toetsen en de bijbehorende antwoorden. De site is altijd handig als je een toets hebt gemaakt en van je fou-

ten wilt leren. Als je niet weet hoe je iets moet berekenen, opschrijven, en hoe je een antwoord het best kan formuleren kun je een voorbeeld op de site vinden.

### Naomi

De eerste keer dat ik WINA had, vond ik het helemaal geweldig natuurkunde en wiskunde in één! Leuker kon haast niet. Maar die mening veranderde al snel. Het begin was leuk maar wel heel erg wennen. De manier waarop het boek in elkaar zat en hoe de vragen werden gemaakt, waren totaal anders maar ik vond het leuk. Weer eens iets nieuws.

Het eerste hoofdstuk heb ik goed afgerond en daar was ik ook trots op. Het tweede hoofdstuk ging al minder en dat kwam mede door mijn eigen gedrag. Ik had het idee van: ach, WINA, dat lukt me toch wel. Maar ik had het mis. ik heb mijn aandacht laten verslappen en ik haalde een dikke onvoldoende. Daar was ik echt niet blij mee en ben toen ook weer met nieuwe moed begonnen en heb mijn best erop gedaan. Maar weer haalde ik een onvoldoende, nu ook voor hoofdstuk drie. Toen heb ik het bijltje er bij neer gegooid en had ik er echt geen zin meer in, want wat ik ook deed, het lukte me niet. Ik heb in die periode echt weinig aan WINA gedaan, ik heb af en toe nog wel mijn boek open gehad en wat gedaan, maar veel was het niet. En opeens zag ik het licht en heb ik hoofdstuk twee weer opgepakt en heb dit met een dikke voldoende afgesloten. Toen had ik er weer zin in, maar dat viel al snel weer weg, toen ik voor hoofdstuk drie alweer een onvoldoende haalde. Maar deze keer nam ik me zelf voor om niet op te geven en ben ik vragen gaan stellen. Iets wat ik anders nooit zou hebben gedaan omdat ik meer de persoon ben die alles zelf wil oplossen. En het werkte: ik heb hulp gehad en snapte het ook echt. Nu nog afwachten of ik de toets ga halen maar ik heb zo het gevoel van wel.

Ik heb van WINA dus veel geleerd. Dat je nooit moet opgeven en altijd je best moet blijven doen. En dat je vragen moet stellen als je iets niet weet, en is het niet bij de leraar, dan bij een klasgenoot, want als je dat niet doet, kom je er niet.

### Overpeinzing tot slot

Mijn grote vrees, die ik om me heen inderdaad steeds meer bevestigd zie: Men gaat rekensommen maken op de 'practice and drill'-wijze en oefenen voor het rekenexamen niveau 3F. Wat twee keer eerder is gedaan (basisonderwijs en VMBO), wordt nogmaals gedaan en dat bij leerlingen die vooral moeten leren leren en vaak kennishiaten hebben op het gebied van alledaagse natuurkundige verschijnselen. 'Practice and drill' inzetten als middel om bepaalde reken- en/of wiskundige vaardigheden te verbeteren is prima, maar dan binnen een contextrijke beroepsgerichte omgeving. Men zal voor een boek kiezen, want laptops vindt men ondingen door de vele games, Hyves, Facebook, Twitter en MSN enzovoort, maar wel te gebruiken voor digitale toetsen in verband met het gemak van nakijken.



*Jos Vervoort*  
ROC Eindhoven