

**NAAR EEN  
DOORLOPENDE LEERLIJN IN HET  
ONDERWIJS**

**techniek als voorbeeld**

auteur:

Dr. M.J. de Vries

kernredacteur van dit nummer:

Dr. J.G.G. Zuylen

MesoConsult B.V.  
Tilburg

maart 2000

© 2000 MesoConsult B.V. Tilburg

Uit deze uitgave mag niets worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISSN-nummer 1384-2641

**Abonneren op de Studiehuisreeks of bestellen van losse exemplaren:**

MesoConsult  
Gounodlaan 15  
5049 AE Tilburg

Telefoon (013) 456 03 11  
Fax (013) 456 32 76

## WOORD VOORAF

Toen de redactie van de Studiehuisreeks mij uitnodigde mijn ideeën voor een publicatie over de doorlopende leerlijn op papier te zetten met een uitwerking voor natuurwetenschappen en techniek, heb ik niet lang gearzeld en ingestemd. Die doorlopende leerlijn is immers met name voor het techniekonderwijs één van de grote zorgen, die ik persoonlijk heb ten aanzien van de huidige Nederlandse situatie. Dit is een mooie gelegenheid om mijn ideeën daarover eens systematisch op papier uit te werken. In zekere zin ben ik in deze publicatie aan het dagdromen, want de huidige praktijk ziet er nog heel anders uit dan de continue leerlijn, die ik voor ogen heb. Maar als een mens niet meer mag dromen, is er iets mis. Dromen, die op dit moment nog bedrog zijn, kunnen ooit werkelijkheid worden. Overigens kan dat alleen wanneer mensen bereid zijn hun dromen te vertellen. Dromen kunnen echter zo fantasieus zijn, dat de verteller er slechts om uitgelachen wordt. Ik hoop dat de navolgende dromen voldoende realiteitswaarde zullen blijken te hebben om serieus genomen te kunnen worden.

In deze publicatie beperk ik me tot een uitwerking van een doorlopende leerlijn voor techniek. Daarbij heb ik gebruik gemaakt van mijn ervaring op het gebied van de vakdidactiek natuurkunde, die in 1982 mijn afstudeerspecialisatie vormde, en van de vakdidactiek techniek, waarop ik in 1988 promoveerde. Ik pretendeer absoluut niet competent te zijn ook voor andere vakken een uitwerking te geven. Mijn claim gaat dus niet verder dan dat ik verwacht dat ook voor andere vakken zo'n doorlopende leerlijn aan te geven is<sup>1</sup>. Wil hiervoor echt een bewijs geleverd worden, dan zullen anderen op basis van hun vakdidactische competenties zo'n leerlijn voor andere vakken moeten uitwerken.

Op verschillende plaatsen heb ik getracht de rol van verschillende werkvormen aan te geven. Dat neemt niet weg dat ik bij de opzet van mijn betoog voorrang heb gegeven aan de systematiek van de doorlopende leerlijn. De aandacht voor de werkvormen maakt daardoor wellicht voor de lezer een 'hap-snap'-achtige indruk. Ik meen echter dat het beter is niet op twee benen te hinken bij het bepalen van de opzet, maar een duidelijke keuze te maken voor het eigenlijke thema van de publicatie: de continue leerlijn.

Meermalen heb ik op conferenties openlijk mijn bewondering uitgesproken voor docenten, die van mijn ideeën over techniekonderwijs in de praktijk iets konden maken. Ik heb mij altijd wat verlegen gevoeld met de 'awards', die me in de Verenigde Staten toegekend zijn, omdat ik het gevoel had, dat ze eigenlijk toegekend hadden moeten worden aan al die techniekdocenten, die met mijn ideeën iets gedaan hebben in hun lessen. Tenslotte zijn zij het, die de waarde van alle gefilosofeer over onderwijs uiteindelijk bepalen.

*Marc J. de Vries*

---

<sup>1</sup> Noot van de redactie: het is wenselijk dat auteurs van andere vakgebieden op eenzelfde manier als Marc de Vries dat beschrijft voor techniek, aan-given hoe een doorlopende leerlijn er voor hun vak zou uitzien. Daarbij zouden ze antwoord moeten geven op de vragen of er überhaupt een doorlopende leerlijn bestaat voor het vak, uit welke fasen die leerlijn bestaat, wat er onderwezen en geleerd moet worden en waarom, wie de lerende is en hoe onderwijsleersituaties geschapen kunnen worden, waarin de gewenste leerprocessen kunnen plaatsvinden. Om die reden is deze brochure niet alleen lezenswaardig voor techniekdocenten.



## INHOUD

pagina

1	Inleiding	7
2	Techniekonderwijs in ontwikkeling	9
3	Oriënteren op techniek	16
4	Conceptualiseren van techniek	21
5	Differentiëren van technieken	33
6	Specialiseren in techniek	38
7	De toekomst van techniekonderwijs	43
8	Nogmaals de doorlopende leerlijn	47
9	Voor wie meer wil lezen	50




## 1 INLEIDING

In de afgelopen jaren is er in het Nederlands onderwijsbestel heel wat veranderd. In 1993 werd de basisvorming ingevoerd. Als onderdeel daarvan werden voor vijftien vakken gemeenschappelijke kerndoelen vastgesteld voor alle vormen van voortgezet onderwijs. De naam van het lager beroepsonderwijs (lbo) werd veranderd in voorbereidend be-roepsonderwijs (vbo) om het negatieve imago van het lbo te verbeteren. Ook voor het basisonderwijs werden kerndoelen geformuleerd. De bovenbouw van havo en vwo werd in 1998 ingrijpend veranderd met de invoering van het studiehuis en de profielen. Het doel daarvan was de verbetering van de aansluiting bij de beroepsopleidingen en het uni-versitair onderwijs. De profielen moesten ervoor zorgen dat het afgelo-pen was met de 'pretpakketten'. Zulke onsamenhangende pakketten boden in feite voor geen enkele vervolgopleiding een goede voorberei-ding en waren daarom ongewenst. Het studiehuis moest de leerlingen leren om meer zelfstandig kennis te verwerven en te verwerken. Ook ten aanzien van het tertiair onderwijs is er de afgelopen jaren veel ver-anderd, maar de overheidsmaatregelen lijken daar eerder te slaan op formele en bestuurlijke aspecten dan op de inhoud van het onderwijs. Aan die veranderingen zal in het vervolg dan ook geen aandacht wor-den besteed.

Inmiddels zijn zowel basisvorming als bovenbouw havo en vwo onder-werp van discussie geworden. De evaluatie van de basisvorming door de inspectie leverde een vrij kritisch rapport op, waaruit bleek dat de beoogde doelen lang niet altijd gehaald worden. De veranderingen in de bovenbouw van havo en vwo leverden een zo grote toename van de studiebelasting op, dat scholieren er zelfs een landelijk georganiseerde staking voor over hadden om hun ongenoegen te laten blijken. Kort daarop gaf de staatssecretaris de scholen de mogelijkheid, zelfs halver-wege het schooljaar, een verlichting in te voeren. Zelfs het nieuwe vak algemene natuurwetenschappen (ANW), een van de kroonjuwelen van de nieuwe bovenbouw, leek ten dele daarvoor te worden opgeofferd, uiteraard tot groot ongenoegen van de docenten die zich veel moeite getroost hadden zich op het onderwijzen van dit vak voor te bereiden. Ook van andere kanten klonk protest na de voorgestelde verlichting van de bovenbouw, die wel als een paniecreactie op de leerlingstaking gezien werd.

Opvallend onderbelicht in de hele discussie rondom deze onderwijsver-nieuwingen is de aansluiting bij voorafgaande en volgende vormen van onderwijs. Alleen de vernieuwing van de bovenbouw havo en vwo schijnt op die aansluiting gericht te zijn, hoewel er bij de plotseling toe-gestane verlichting in het geheel niet gelet is op de consequenties die dat heeft voor die beoogde aansluiting (een deel van de kritiek op de voorgestelde verlichtingsmaatregelen richt zich daar dan ook op). Men kan zich afvragen of het niet noodzakelijk is het gehele onderwijs op te zetten vanuit de gedachte van een doorlopende leerlijn. Die leerlijn zou zich moeten uiten in de opbouw van het vakkenpakket per onderwijs-vorm, maar ook in de loop van elk vak zichtbaar moeten worden. In de-ze publicatie wordt voor één van de vakgebieden, namelijk techniek, een dergelijke uitwerking gegeven. De huidige praktijk staat er nog ver van af, maar het is de bedoeling te laten zien dat er in elk geval bij techniek wel degelijk mogelijkheden zijn voor zo'n doorlopende leerlijn. Het is niet onwaarschijnlijk dat zo'n uitwerking ook voor andere vakken te geven is. In de uitwerking voor techniek zal ook enige aandacht be-steed worden aan de relatie met het natuurwetenschappelijk onderwijs, zodat ook hier de contouren van een leerlijn ontstaan.

Eerst zal worden aangegeven wat de motieven geweest zijn om tech-niek in het onderwijs een zichtbare plaats te geven. Die doelen zijn im-mers belangrijk om in het oog te houden, willen we naar een doorlopen-de leerlijn toe werken. Vervolgens worden de vier fasen van een moge-lijke doorlopende leerlijn voor techniek één voor één uitgewerkt. Daarna



worden enkele trends besproken die voor alle fasen in de leerlijn voor techniek belangrijk kunnen worden. Tenslotte komen we terug op de meer algemene discussie over de doorlopende leerlijn in het onderwijs.



## 2 TECHNIEKONDERWIJS IN ONTWIKKELING

Vandaag onderwijzen doe je met het oog op morgen. De opleiding nu bepaalt welke mogelijkheden leerlingen/studenten hebben voor hun leven en werken in de maatschappij van morgen. Maar ook vandaag zijn ze al burgers van die maatschappij: ze wonen daarin, eten en drinken, verplaatsen zich, werken aan school en opleiding, ontspannen zich en communiceren met elkaar. De techniek speelt bij alle aspecten van het leven in onze maatschappij een belangrijke rol. Welk leven je in de maatschappij van morgen ook leven zult, om de techniek kom je niet heen. Daarom moet elke toekomstige burger van die samenleving in zijn scholingstijd op de een of andere manier die techniek tegenkomen. Voor de een zal dat beperkt kunnen zijn, de ander zal dieper op techniek willen ingaan. Maar hoe dan ook, iedereen zal in de schooltijd een bepaalde minimale scholing in techniek krijgen.

### 2.1 Motieven voor techniekonderwijs

Er wordt veel gezegd en geschreven over de behoefte aan technisch geschoolden. Daarover bestaat zorg. Er wordt over getwist of dat terecht is. Maar dat er ook in de toekomst mensen nodig zijn, die in een grote verscheidenheid van technische beroepen hun vleugels kunnen uitslaan, is zeker. Dat is een belangrijk motief om techniekonderwijs te geven. Er bestaat dan ook een veelheid aan technische opleidingen. En die moeten voldoende bagage bieden om in een technisch beroep te kunnen functioneren. Die bagage verschilt per beroep. Er zijn technische beroepen, die vooral op praktische vaardigheden gericht zijn, zoals dat van timmerman of loodgieter. Er zijn er ook die meer theoretische kennis vereisen. Een civiel ingenieur die een nieuwe brug moet ontwerpen, heeft niet voldoende aan het kunnen hanteren van hamer en schroevendraaier. Vanuit die verschillende behoeften zijn verschillende typen technische beroepsopleidingen afgeleid. Vandaar de vele opleidingen op allerlei technische gebieden en op allerlei niveaus: in de bouwkunde, werktuigbouwkunde, civiele techniek, installatietechniek, elektrotechniek, chemische techniek, technische natuurkunde, vervoerskunde, enzovoorts.

Niet iedereen ambiert een technisch beroep. Dat is maar goed ook, want er zijn ook andere vakmensen nodig. Voor hen is een diepgaande en gespecialiseerde technische opleiding niet zinvol. Toch hebben ook zij een zeker niveau van technische kennis en vaardigheden nodig om hun niet-technische beroep uit te kunnen oefenen. De techniek is doorgedrongen en dringt meer en meer door in elk beroepenveld. Alleen al het gebruik van de computer is daarvan een sprekend voorbeeld. Ook in opleidingen voor niet-technische beroepen zal techniekonderwijs een plaats moeten hebben.

Er is nog een derde motief om techniek te onderwijzen en te leren. Want niet alleen in de beroepsuitoefening komen we met techniek in aanraking. Ook als consumenten hebben we dagelijks met techniek te maken. Alleen al het kunnen overleven in een technologische maatschappij vereist tegenwoordig steeds meer vaardigheden. Vooral ouderen komen daarmee soms pijnlijk in aanraking. Het is bekend dat de invoering van bijvoorbeeld videorecorder en geldautomaten voor ouderen een probleem opleverde. Het gebruik van die producten vraagt een zekere expertise die zij niet bezitten en op hun leeftijd ook niet zo snel verwerven. Maar burgers die alleen maar kunnen overleven zijn nog geen mondige burgers. Een onverantwoord en ongelimiteerd gebruik van de techniek leidt tot ongewenste gevolgen zoals milieuproblemen. Maar ook de toenemende mate waarin beslissingen uit handen van mensen genomen worden en aan technische artefacten worden overgelaten, kan een probleem vormen. Mensen kunnen zich in de wurggreep genomen voelen van de techniek. Zoals er in het verleden verzet was tegen volledig geautomatiseerde productiesystemen, is er

vandaag ver-zet tegen snelheidsbegrenzers op auto's, tegen automatische klimaat-beheersing in gebouwen, tegen alles wat ons gedrag bepaalt zonder dat wij daarin zeggenschap hebben. En tegelijk maken we dankbaar gebruik van de mogelijkheden die nieuwe, geavanceerde technologieën ons bieden. Om echter niet door de techniek beheerst te worden, maar die te beheersen, is kennis nodig van die techniek en de manier waarop ze tot stand komt. Een positief-kritische houding tegenover techniek en een verantwoord en zinvol gebruik daarvan vragen om scholing in techniek. Daarbij hoeven we niet het naadje van de technische kous te weten, maar wel inzicht te hebben in de wijze waarop we de techniek een passende plaats in ons leven en in de maatschappij kunnen geven. Er zijn doemdenkers, die menen dat dat al niet meer mogelijk is. Volgens hen is de techniek zo autonoom geworden, dat geen regering, laat staan een gewoon burger, die kan tegenhouden. De doemscenario's zullen zonder scholing in techniek een goede kans maken werkelijkheid te worden. Een adequate confrontatie met techniek in de scholing en op-leiding van ieder lid van de maatschappij kan in dat opzicht van grote betekenis zijn.

## **2.2 Voortgaande scholing in techniek**

Iedereen moet dus in zijn scholingstijd met techniek in aanraking gebracht zijn, maar niet iedereen op dezelfde manier of in dezelfde mate. Voor de een is het voldoende een zekere basiskennis en zekere basis-vaardigheden te hebben. Voor een ander is vergaand gespecialiseerde knowhow noodzakelijk. Er zit in die verschillen een volgorde. Niemand kan aan een specialistische technische studie beginnen zonder eerst een basisniveau techniek te hebben. Voor een ander blijft het bij dat basisniveau. Er is een doorgaande leerlijn, die de een verder doorloopt dan de ander. Die leerlijn wordt hierna kort beschreven. Leren over techniek zal normaal gesproken beginnen met een kennismaking met techniek. Die 'oriëntatie' begint in feite al voordat de formele scholing begint. Ook in de eerste vier levensjaren komt een mens met allerlei vormen van techniek in aanraking en leert daarmee omgaan. Zelfs de rammelaar in de box is al een technisch product. Later wordt het de step of de rol-schaatsen. In het basisonderwijs kan bij die oriëntatie een stuk begeleiding gegeven worden. Kinderen worden op een tevoren geplande manier in aanraking gebracht met techniek en leren zich bewust te zijn van de aanwezigheid van die techniek om hen heen. De verzameling vaardigheden in de omgang met die techniek wordt uitgebreid.

In een tweede fase van de leerlijn leren leerlingen de basisprincipes van de techniek. Niet alleen kennismaking, maar ook begripsvorming spelen dan een rol. Hier past de term 'conceptualisering'. Begrippen worden niet 'sec' aangeleerd, maar zo dat ze in de praktijk toegepast kunnen worden bij het bedenken, maken en gebruiken van techniek. In allerlei projecten leren leerlingen begrippen als (technische) functie, input, output en proces toe te passen bij het oplossen van problemen, waarvoor een technische oplossing zinvol en mogelijk is. In de huidige Nederlandse onderwijssituatie is de basisvorming de voor de hand liggende plaats voor de stap van conceptualisering. In de fase van conceptualiseren gaat het om gemeenschappelijke kenmerken van en begrippen in de techniek, om een inzicht in wat techniek tot techniek maakt. Maar er zijn ook verschillen tussen soorten techniek te onderscheiden. Elektrotechniek is iets anders dan werktuigbouwkunde. Ze hebben wel eigenschappen gemeenschappelijk, die in deze fase worden behandeld. Maar door de verschillen kunnen we deze fase de differentiatiefase noemen. Een goede plaats voor die fase is de bovenbouw vo. Het in-zicht in die verschillende soorten techniek biedt een goede fundering voor de keuze tussen verschillende technische opleidingen. De keuze tussen al of niet een technische opleiding is reeds door de vorige fase voorbereid.

Tenslotte is er een fase van 'specialisering'. In die fase wordt dieper ingegaan op één bepaald type techniek en dat ter voorbereiding op een technisch beroep. In de praktijk vinden we die fase in de verschillende beroepsvoorbereidende opleidingen, van voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs tot en met de technische universiteit.

### 2.3 Naar een vakdidactiek voor techniek

Op papier lijkt de doorlopende leerlijn heel mooi. Je kunt zelfs aanwijzen waar de verschillende fasen in het onderwijs hun plaats kunnen hebben. Maar de praktijk is anders. Er is weinig afstemming tussen de verschillende fasen. Van de fase van oriënteren komt nog maar weinig terecht, zolang een groot deel van de basisscholen nog niet veel aan techniek doet. De fase van conceptualiseren wordt in ernstige mate gehinderd door een gebrek aan inzicht in wat de belangrijkste algemene concepten in de techniek zijn, die in aanmerking komen om in deze fase aan bod te komen. In de fase van differentiëren is techniek geen zelfstandig schoolvak, maar onderdeel van de natuurwetenschappelijke vakken. Dat brengt bepaalde problemen met zich mee. Want hoe kun je de eigenschappen van techniek goed tot hun recht laten komen als het in dat schoolvak eigenlijk om een andere discipline gaat? Dat zal wel kunnen, maar niet zonder meer. Met de fase van specialisatie bestaat de langste ervaring. Toch vinden ook daarin steeds vernieuwingen plaats. In de eerste plaats moet de technische studie zich aanpassen aan de voortdurende ontwikkelingen in de techniek zelf. Maar ook de opvattingen over de beste manier van aanbieden van de vakinhouden verandert nog steeds.

Uit dit alles blijkt de noodzaak van een systematische doordenking van de manier waarop techniek onderwezen en geleerd moet worden. Met andere woorden: er is behoefte aan een vakdidactiek voor techniek. Voor veel andere vakken zijn er vakdidactieken, die al enige traditie opgebouwd hebben. Zo is er in de vakdidactiek van de exacte vakken al behoorlijk wat ervaring opgedaan. Er zijn vormen van onderzoek ontwikkeld en uitgevoerd, die al heel wat bruikbare kennis hebben opgeleverd. Op basis van die kennis kan effectiever en efficiënter onderwijs in de natuurkunde worden opgezet en uitgevoerd. Maar voor techniek is dat anders. Er is tot dusverre nog maar weinig echt vakdidactisch onderzoek uitgevoerd en er is nog lang geen 'handboek' voor de vakdidactiek van de techniek. Dat is een gemis, juist in een situatie van een vak, dat zo volop in ontwikkeling is. Juist in zo'n situatie zou vakdidactisch onderzoek een belangrijke ondersteuning kunnen bieden bij de ontwikkeling van het techniekonderwijs.

Hoewel er geen oorzakelijk verband is aangetoond, laat de evaluatie van het schoolvak techniek in de basisvorming over de eerste vijf jaar zien, hoe belangrijk een goede ondersteuning vanuit de vakdidactiek geweest was voor een gezonde ontwikkeling van het vak. Eén van de uitkomsten van die evaluatie door de onderwijsinspectie, was de beperkte mate waarin de algemene doelen van de basisvorming in het vak techniek gerealiseerd werden. De inspectie vond de oorzaak hiervan in het gegeven dat veel docenten weinig vernieuwend waren in het hanteren van werkvormen, die voor het algemeen vormende vak techniek geëigend zijn. Maar valt die docenten wel iets te verwijten als er nog zo weinig bekend is over de effecten van verschillende werkvormen bij techniek op het leren door de leerlingen? Is er bij de docentenopleiding al niet onzekerheid ontstaan, omdat de ene opleiding een andere benadering hanteerde dan de andere? Sommige opleidingen zaten in aanvang nog in de lijn van het oude vak algemene technieken, waarin handvaardigheden centraal stonden. Andere ontwikkelden een nieuwe filosofie voor het vak, waarin ontwerpen en probleemoplossen een grote plaats innamen. Is het verwonderlijk, dat er in slechts vijf jaar tijd dan nog geen eenduidige en algemeen aanvaarde didactische aanpak voor het schoolvak techniek is?

Waaruit zou zo'n vakdidactiek moeten bestaan? In elk geval is te denken aan de volgende drie onderdelen. Wat moet aan technische inhoud worden onderwezen en geleerd, en waarom (zie 2.1)? Uit de diverse motieven is af te leiden welke inhouden zinvol zijn om te onderwijzen en te leren. Dat zal voor elk van de vier genoemde fasen in de leerlijn anders zijn. In de vakdidactiek techniek kan gereflecteerd worden over de vraag hoe een reeks van technische leerinhouden per fase worden gedefinieerd, die samen een goede, continue leerlijn voor techniek vormen. In de tweede plaats is belangrijk om na te gaan: wie wordt onderwezen en leert? Het onderwijs moet aansluiten bij de actuele situatie, waarin de lerende zich bevindt. Meisjes hebben andere ervaringen met en interesses voor techniek dan jongens.

Allochtone leerlingen hebben, ook ten aanzien van techniek, een andere culturele achtergrond dan autochtone. Onderwijs aan gehandicapte leerlingen vraagt - zeker als het om technische vaardigheden gaat - om speciale voorzieningen. Die achtergrond van de lerende moeten we kennen, willen we hem adequaat onderwijs aanbieden en ook tijdens het onderwijs- en leerproces willen we graag volgen wat er bij de lerende verandert. In de derde plaats: hoe zijn onderwijsleersituaties te realiseren, waarin de gewenste inhoud (vraag 1) op een goede manier door de lerende met al zijn eigenschappen (vraag 2) kan worden verwerkt. Welke werkvormen zijn geschikt voor het onderwijzen en leren van techniek? Welke hulpmiddelen kunnen het leren over techniek ondersteunen? Zulke vragen vormen het derde deel van de vakdidactiek van de techniek.

#### **2.4 Internationale ontwikkelingen**

De vakdidactiek van de techniek staat, vergeleken bij de vakdidactiek van verschillende andere vakken, nog in de kinderschoenen. Maar als we op internationaal niveau kijken, wordt er wel hard aan gewerkt. In veel landen bestaat onderwijs in techniek, ook buiten het technisch beroepsonderwijs, al enige tijd. Elders wordt techniek in de een of andere vorm als nieuw element in het leerplan ingevoerd. In al die landen staan onderwijsontwikkelaars voor dezelfde soort vragen. Gaandeweg groeien de internationale contacten op het gebied van de vakdidactiek, er komt meer en meer samenwerking. Series van internationale conferenties bieden een platform voor discussies over gewenste en actuele ontwikkelingen in de vakdidactiek. Belangrijke internationale organisaties als de Raad van Europa, UNESCO en de OECD spelen daarin een stimulerende en faciliterende rol. Vakorganisaties voor docenten techniek ontstaan hier en daar en zoeken internationale samenwerkingsmogelijkheden. Er zijn inmiddels enkele internationale tijdschriften met een goed academisch niveau, waarin researchers hun onderzoeksresultaten kunnen publiceren. Ook de vakverenigingen publiceren tijdschriften, waarin deze resultaten gepopulariseerd worden en vertaald worden naar de onderwijspraktijk.

Elk van de vier fasen in de leerlijn wordt nader uitgewerkt in de hoofdstukken 3 tot en met 6. Met vakdidactische vragen naar het wat, waarom, aan wie en hoe als rode draad. In hoofdstuk 7 worden enkele lijnen naar de toekomst getrokken. Hoofdstuk 8 komt terug op de meer algemene vraag naar een doorlopende leerlijn in het onderwijs.

Samenvattend, diverse motieven voor onderwijzen en leren van techniek: er moeten mensen opgeleid worden voor technische beroepen; mensen in niet-technische beroepen moeten steeds meer kunnen omgaan met technische hulpmiddelen; ook als consumenten komen we voortdurend in aanraking met technische producten, die bediend moeten worden; het is nodig als burgers in staat te zijn te beslissen over de mate waarin/wijze waarop techniek in onze samenleving een plaats heeft. Er is een doorlopende leerlijn voor techniekonderwijs te bedenken, die bestaat uit de fasen oriënteren, conceptualiseren, differentiëren en specialiseren. In verband met de ontwikkeling van die leerlijn is er behoefte aan een vakdidactiek voor techniek, waarin onderzoeks- en ontwikkelwerk gedaan wordt ten aanzien van de vragen: wat moet worden onderwezen en geleerd, en waarom, wie is de lerende, en hoe kunnen onderwijsleersituaties geschapen worden, waarin de gewenste processen kunnen plaatsvinden? Mede dankzij de groeiende internationale samenwerking ontstaat langzamerhand een serieuze vakdidactiek voor techniek, die een waardevolle betekenis voor de onderwijspraktijk kan hebben.

### **3 ORIËNTEREN OP TECHNIEK**

In de basisschool worden basisvaardigheden geleerd, in de Verenigde Staten met drie 'R's aangeduid: Reading, wRiting, en 'Rithmatic (arith-matic, nogal apocrief afgekort om overeenkomst in uitspraak met de andere twee termen te bewerkstelligen). Inderdaad zijn lezen, schrijven en rekenen belangrijke vaardigheden, die elk kind nodig heeft voor verdere scholing en voor de praktijk van elke dag. In het scala van basisschoolvaardigheden neemt technische vaardigheid een aparte plaats in. Het werken met verschillende soorten materialen en eenvoudige gereedschappen om simpele producten te maken draagt met name bij aan de motorische ontwikkeling. Omdat technische functionaliteit voor kinderen van die leeftijd vaak moeilijk te realiseren is, kan de vormgeving van de producten een pregnante rol krijgen toebedeeld. Dan draagt de technische activiteit bovendien bij aan de ontwikkeling van hun creativiteit. Maar er vindt in de basisschool ook oriëntatie plaats op allerlei aspecten van de werkelijkheid waarin het kind zich bevindt.

### 3.1 Techniek om ons heen

Het woord 'oriëntatie' wordt ook wel expliciet genoemd in de benaming van leergebieden. Ook de oriëntatie op natuur en techniek behoort daar toe. Kinderen leren zich bewust te zijn van de natuurlijke en technische dingen in hun omgeving. Een eerste gevoel voor wat techniek is, kan ontstaan als kinderen inzien dat sommige dingen wel, andere niet door mensen gemaakt zijn. Het gras in de tuin en de bomen in het park zijn misschien wel door mensen gezaaid of aangeplant, maar niet gemaakt. Huizen daarentegen zijn wel door mensen gemaakt. Dat kun je als kind zelf zien in een nieuwbouwwijk. Televisieprogramma's voor de basisschoolleeftijd, zoals het populaire 'Klokhuis' proberen ook van allerlei andere objecten in beeld te brengen, dat zij door mensen gemaakt zijn. Van die objecten zijn de maakprocessen voor leerlingen verborgen, omdat ze niet zichtbaar, bijvoorbeeld op straat, plaatsvinden. De televisie is een goed medium om zulke processen binnen de school te brengen. Ook door eigen ervaringen leren kinderen het verschil tussen natuur en techniek kennen. Je kunt in de klas plantjes kweken. Je kunt dan allerlei randvoorwaarden scheppen om de groei te bevorderen, maar je hebt weinig invloed op het groeiproces zelf. Bij knutselen daarentegen bepaal je zelf volledig hoe het resultaat eruit komt te zien.

Belangrijk is om kinderen van meet af aan bewust te maken van het feit, dat de technische producten er niet zomaar zijn. Altijd vervullen ze een functie. Ze zijn bedacht en gemaakt, omdat mensen ergens behoefte aan hadden. Mensen bouwen huizen, omdat ze bescherming zoeken tegen weer en wind. Je koopt een fiets, omdat je behoefte hebt aan iets waarmee je sneller dan lopend van huis naar school komt. Zo ligt er onder elk technisch ding een menselijke behoefte. Verschillen tussen producten ontstaan uit verschillen in de behoeften. Zo kun je kiezen uit duizend-en-één verschillende dingen om je tussendoortje mee naar school te nemen, omdat de een dit leuk vindt en de ander dat. De kinderen kunnen ook kennismaken met de fasen van een technologische ontwikkeling. De producten om ons heen zijn allemaal door mensen bedacht (ontworpen), gemaakt (geproduceerd) en worden door mensen gebruikt. De trits ontwerpen-maken-gebruiken is een belangrijk element in de beeldvorming ten aanzien van techniek.

Een nadere oriëntatie vindt plaats door kinderen te wijzen op de belangrijkste levensterreinen, waarin technische producten een rol spelen. Een eerste gebied kwam al even aan de orde: dat van de bouwwerken. Kinderen kunnen verkennen wat voor bouwwerken er zoal zijn: huizen, kantoren, fabrieken, winkels, kerken, bioscopen, bruggen, standbeelden, enzovoorts. De verscheidenheid aan bouwwerken komt voort uit een verscheidenheid aan behoeften: om te wonen, te werken, inkopen te doen, samen te komen, plezier te hebben, een rivier over te komen, iets of iemand te gedenken, enzovoorts. Het is goed mogelijk binnen de klas allerlei constructies te bouwen en daardoor eerste ervaringen op te doen met begrippen als sterkte en stabiliteit.

Op dezelfde manier is er ook een verscheidenheid op het gebied van vervoer of transport. Een aantal vervoermiddelen kennen kinderen uit eigen ervaring: fiets, auto, trein of tram, en misschien ook de metro. Dat omgaan met techniek veilig moet gebeuren, laat zich op dit deelter-rein goed illustreren. Het derde deelgebied is dat van de (productie van) een enorme verscheidenheid aan consumptiegoederen en gebruiksvoorwerpen. Dagelijks maken leerlingen daarvan gebruik. Te denken is aan speelgoed, meubelen, keukengerei, tassen, kleding en wat kinderen verder ook maar in veelvoud vinden in winkels. Allerlei primaire ervaringen met technische begrippen kunnen worden opgedaan aan de hand van dit deelgebied. Vervolgens is er het gebied van de communicatie, waar-bij nogal eens verbreding van het blikveld nodig is. Communicatie is niet alleen telefoon en televisie, maar ook wat de juf of meester op het bord schrijft, het schoolboek, de verkeersborden, de straatnaambordjes, de verkeerslichten, pictogrammen van 'heren' en 'dames' bij toiletten en de omroepberichten op het perron van het treinstation. Tenslotte is er het gebied van de voeding. In tegenstelling tot veel andere landen wordt dat in Nederland in het onderwijs niet algemeen verbonden met techniek, maar eerder met biologie. In het basisonderwijs is er nog geen scheiding tussen die vakken en daarom kan dit gebied nog onbekommerd verkend worden in het kader van de oriëntatie op natuur en techniek. We zitten hier ook op het grensgebied tussen beide. Tot dit gebied rekenen we niet alleen voedselbereiding, maar ook conservering en opslag.

Een apart punt van overweging is de vraag of deze oriëntatie het best kan plaatsvinden in een geïntegreerd leergebied, waarin ook oriëntatie op andere aspecten van de omgeving plaatsvindt. Voor techniek ligt het voor de hand om in de fase van oriëntatie de combinatie met de natuurlijke aspecten van de omgeving te zoeken. Begrip voor wat technische aspecten van de werkelijkheid zijn, vraagt immers om een afbakening ten opzichte van wat natuurlijke aspecten van diezelfde werkelijkheid zijn. De combinatie 'oriëntatie op natuur en techniek' is dus een geschikte. Daarin zit naast de oriëntatie op de hier-boven beschreven technische gebieden ook een oriëntatie op de natuurverschijnselen, waarop de werking van de technische artefacten in die gebieden gebaseerd is. Zo kan bewustwording van de aanwezigheid van een scala aan elektrische apparaten gepaard gaan met een bewustwording van het verschijnsel elektriciteit, waarop de werking van deze apparaten berust.

### **3.2 Attituden ten aanzien van techniek**

Het belang van een vroege oriëntatie op techniek is gemakkelijk in te zien, wanneer we ons realiseren dat de attituden van mensen ten opzichte van techniek voor een belangrijk deel al op jonge leeftijd gevormd worden. De verschillen tussen meisjes en jongens ontstaan met name in de periode van de basisschoolleeftijd. Aangezien attituden moeizaam veranderbaar zijn, is de beïnvloeding van de attitude tijdens de basisschoolperiode van groot belang. Belangrijke componenten in de attitude ten aanzien van techniek zijn: interesse voor techniek in het algemeen; belang van techniek; toegankelijkheid van techniek; de meisjes-jongens-dimensie; interesse in technische beroepen en interesse voor techniek op school.

Het blijkt dat leerlingen op de basisschool zeker belangstelling hebben voor techniek, ook om daarover op school te leren. Het belang van techniek wordt algemeen erkend en kinderen verwachten dat zij in staat zullen zijn techniek te begrijpen, hoewel er ook al een zekere mystificatie rondom techniek heeft plaatsgevonden. Zowel jongens als meisjes vinden dat zowel meisjes als jongens geschikt (kunnen) zijn voor techniek. Al met al is er sprake van een positieve attitude tegenover techniek, vaak tegen het naïeve aan. Verschillen in ervaring zijn er al. Dat meisjes met poppen en jongens met lego spelen geldt nog altijd en het gevolg is dat meisjes meestal een achterstand hebben qua technische 'ervaring'. Terzijde zij opgemerkt dat jongens in even hoge een achterstand hebben qua (ver)zorgende 'ervaring'.

Een belangrijke uitkomst van het onderzoek naar attituden ten aanzien van techniek bij kinderen/leerlingen is dat er een

relatie bestaat tussen een beperkt beeld van techniek en een minder positieve attitude. Kinderen/leerlingen die in hun beeldvorming sterker gericht zijn op de productkant van techniek hebben minder belangstelling voor techniek. En dat betreft vooral de meisjes. Onderzoek naar attitudes ten aanzien van natuurwetenschappen heeft aangetoond dat meisjes vooral belangstelling hebben voor de menselijke en maatschappelijke kant van natuurwetenschappen en techniek. En als zij menen dat techniek vooral bestaat uit apparaten en machines en niet zozeer uit menselijke activiteiten, dan zullen zij techniek dus niet zo interessant vinden. Zo worden meisjes door een eenzijdige beeldvorming bij voorbaat al geremd om techniek leuk te vinden. En, zoals eerder opgemerkt, dat proces van eenzijdige beeldvorming begint al op de basisschooleetijd. Daarom is het ook vanuit emancipatorisch oogpunt zo belangrijk dat er in het basisonderwijs een goede, evenwichtige oriëntatie op techniek plaatsvindt. Terzijde zij hier opgemerkt dat een en ander tevens voor jongens ten opzichte van de (ver)zorgende beroepen geldt.

### 3.3 De opleiding van leerkrachten

Omdat techniek nog niet structureel in ons basisonderwijs is ingebouwd, hangt de lespraktijk in belangrijke mate af van de belangstelling van de individuele leerkracht. Ook in de lerarenopleiding is nog niet van een structurele verankering van techniek sprake. Wel zijn er allerlei initiatieven om hierin verandering aan te brengen: verschillende pabo's besteden aandacht aan techniek. En het aantal 'ontdeklokken', waar leerkrachten met klassen praktisch activiteiten doorlopen, is de afgelopen jaren sterk gegroeid. In het opleiden van leerkrachten is traditioneel ruim aandacht voor de verschillende werkvormen, die in het basisonderwijs gebruikt kunnen worden. De oriëntatie op techniek maakt in belangrijke mate van diezelfde werkvormen gebruik. Via klassengesprekken kunnen leerkrachten de bewustwording bij kinderen op gang brengen. Met experimenteren kunnen ervaringen met technische begrippen worden opgedaan. Kinderen kunnen in de klas objecten bouwen en testen. Ze kunnen over techniek schrijven en tekenen. Rollenspelen kunnen gebruikt worden om de menselijke aspecten van de techniek (menselijke behoeften, gevolgen van techniek) onder de aandacht te brengen. In de opleiding van leerkrachten kan het gebruik van deze werkvormen bij de oriëntatie op natuur en techniek als onderdeel worden opgenomen. Ook gebruik van hulpmiddelen (zoals lego of andere bouwsystemen) past daarbinnen.

Samenvattend: oriëntatie op techniek kan kinderen bewust maken van menselijke behoeften die het motief voor techniek zijn. De oriëntatie heeft betrekking op gebieden als bouwwerken, transport, productie van goederen en communicatie. Gebleken is dat kinderen een vrij beperkt beeld van techniek hebben, vooral gericht op producten en veel minder op processen, en dat ze er tamelijk kritiekloos tegenover staan. Om een goede beeldvorming in de oriëntatiefase te bewerken moeten leerkrachten in hun opleiding expliciet worden toegerust om met behulp van een scala aan werkvormen techniekonderwijs te kunnen geven.

## 4 CONCEPTUALISEREN VAN TECHNIEK

In de fase van conceptualiseren is het belangrijkste leerdoel dat leerlingen een goed beeld krijgen van wat techniek is en welke begrippen daarin gehanteerd worden. We vinden deze vooral in de onderbouw van het vo. In dit hoofdstuk wordt besproken welke discussies zich over die fase afgespeeld hebben en nog afspelen.

### 4.1 Wat is techniek?

Er zijn in het verleden onder onderwijsontwikkelaars en onderzoekers heel wat discussies gevoerd over de vraag welke definitie voor techniek gebruikt moet worden. In de verscheidenheid aan definities uit deze discussies treffen we enkele gemeenschappelijke elementen aan.

In de eerste plaats is techniek een menselijke activiteit. Het behoort tot ons mens-zijn techniek te bedrijven. Men kan in dat verband spreken van de 'homo technicus'. Altijd hebben mensen geprobeerd hun omgeving aan te passen om te voldoen aan bepaalde behoeften. Vervolgens is techniek een proces van nieuwe dingen bedenken, maken en gebruiken. In de loop van de tijd is daarin een arbeidsverdeling ontstaan, zodat de meeste mensen slechts in de gebruiksfase met techniek te maken hebben. Met name het inzicht in de ontwerpfase is belangrijk om te zien dat techniek van menselijke keuzen en beslissingen aan elkaar hangt. Een derde kenmerk is dat in de techniek gewerkt wordt met materie, energie en informatie als 'basisbouwstenen'. Via basisprocessen als vormen, verplaatsen, omzetten en opslaan worden deze drie bewerkt, zodat ze als technisch product een bepaalde functie kunnen vervullen. Tevens wordt er in de techniek gebruik gemaakt van kennis. Dat kan ingenieurskennis zijn, maar ook natuurwetenschappelijke kennis of kennis over markten, consumenten, wetgeving, octrooien, esthetiek, ethiek of politiek. Een vijfde gemeenschappelijk element is de maatschappelijke dimensie van techniek. Niet alleen individuele behoeften beïnvloeden techniek (eerste kenmerk), maar ook het maatschappelijke krachtenveld. Via politieke besluitvorming wordt getracht de ontwikkeling en diffusie van techniek in de samenleving te begeleiden.

In de fase van conceptualisering ontstaat idealiter een beeld van techniek bij leerlingen, waarin deze kenmerken evenwichtig voorkomen. Nu zijn er in de praktijk verschillende benaderingen voor techniekonderwijs zichtbaar, die bij leerlingen verschillende beelden van techniek bewerkstelligen. Een internationale inventarisatie levert globaal acht mogelijke benaderingen op, die hieronder kort geschetst worden.

De eerste 'op vaardigheden gerichte' is een traditionele benadering, waarin leerlingen uit materialen met gereedschappen volgens een volledig uitgewerkt ontwerp werkstukken maken. Dit levert een vrij ambachtelijk beeld van techniek op. De meeste vormen van techniekonderwijs hebben hun wortels in deze benadering.

De tweede benadering is gericht op (industriële) productie. Deze werd gehanteerd in de landen achter 'het ijzeren gordijn', totdat de grote politieke omwentelingen daar de ondergang bewerkstelligden van de ideologie, waarin de industriële productie de grote drijvende kracht voor de maatschappij was. De beeldvorming had dan ook een sterk ideologische dimensie. Er was behalve voor maakvaardigheden ook veel aandacht voor de organisatie van de technische arbeid.

De derde benadering is die van het 'techniek als toegepaste natuurwetenschap'-paradigma. Die vorm van techniekonderwijs vinden we vooral als techniek onderdeel van de natuurwetenschappelijke vakken is. In dit beeld is



techniek een vrij logisch gevolg van natuurwetenschappelijke kennis. Historisch gezien is dat betwistbaar.

Voor de vierde benadering, het streven leerlingen met de nieuwste vormen van techniek te confronteren, kan men de uitdrukking 'high tech' hanteren. Leerlingen bouwen bijvoorbeeld computergestuurde modellen van geautomatiseerde productiesystemen. Zo ontstaat een beeld van techniek als zeer geavanceerd en complex.

De vijfde benadering is de ontwerpbenadering. Primair staat daarin het proces van ontwerpen. In Engeland wordt deze benadering al vele jaren gepraktiseerd. Het beeld van techniek, dat uit deze benadering volgt, is heel breed: alles wat maar ontworpen wordt, behoort tot de techniek.

In de zesde benadering staan de ingenieurwetenschappen centraal. Theoretische kennis van technische begrippen en principes spelen een hoofdrol. Leerlingen maken analyses van technische producten als technische systemen. Leerlingen gaan op die manier techniek zien als een tamelijk theoretische aangelegenheid.

De zevende benadering hangt samen met een Duitse term, te weten die van de Schlüsselqualifikationen (sleutelvaardigheden is hiervoor waarschijnlijk de minst slechte vertaling). Deze benadering wordt gestimuleerd door het bedrijfsleven, dat van techniekonderwijs verwacht dat het algemene vaardigheden als creatief en innovatief denken, samenwerken, organiseren, presenteren en evalueren aanleert.

De achtste benadering kan men aanduiden met STS (Science, Technology and Society) voor onderwijsprogramma's, waarin vooral de maatschappelijke gevolgen van techniek aandacht krijgen. In de praktijk vinden we deze meestal in de context van het natuurwetenschappelijk onderwijs. Traditioneel wordt ze verbonden met de maatschappijkritiek van de zeventiger jaren. In de beeldvorming speelt die maatschappijkritiek nog steeds een belangrijke rol.

Eigenlijk zou techniekonderwijs een mix moeten zijn van deze benaderingen. Dankzij de groeiende internationale contacten ontstaat zo'n mix ook. De Nederlandse situatie is daarvan een goed voorbeeld. De kern-doelen, in 1998 opnieuw vastgesteld voor techniek in de basisvorming, laten - zeker in vergelijking met de vorige versie die in 1993 van kracht werd - een vrij rijke combinatie van elementen uit de acht geschetste benaderingen zien. Er is nog altijd aandacht voor vaardigheden, maar ook voor de industriële en maatschappelijke context, er wordt ontworpen, projectmatig gewerkt (en dus ook samengewerkt, georganiseerd en gepresenteerd) en er wordt gebruik gemaakt van begrippen uit de technische wetenschappen. De relatie met de natuurwetenschappen is nog een probleem, dat samenhangt met de veelal niet-bèta achtergrond van de meeste techniekdocenten. We komen daar later nog op terug.

Attitude-onderzoek heeft aangetoond dat leerlingen in de onderbouw van het vo een erg beperkt beeld van techniek hebben. Zij zien techniek vooral als een grote verzameling van producten. Meestal beperken ze zich daarbij bovendien tot elektronische hightech-producten. Dit beeld wordt gestimuleerd door de media, die techniek voorstellen als iets zeer moderns en begerenswaardigs. Slechts weinig leerlingen hebben oog voor de negatieve gevolgen, die de techniek met zich mee kan brengen. We zagen in 3.2 al, dat deze beeldvorming reeds op de basisschoolleeftijd begonnen is. Dit beperkte beeld van techniek bij leerlingen onderstreept de noodzaak van een rijke combinatie van elementen uit de acht benaderingen. Op die manier kan het beeld dat leerlingen van techniek hebben, worden verbreed. Voor meisjes geldt dat in nog sterkere mate dan voor jongens, omdat hun beeld van techniek nog beperkter is dan dat van jongens.

Behalve het leren van kennis en vaardigheden als basisvorming in techniek zijn dus beeld- en attitudevorming belangrijk. Een combinatie van aspecten van techniek moet zichtbaar worden in het leerplan voor techniek, wil er bij

leerlingen een evenwichtig beeld en een positief-kritische attitude ten aanzien van techniek ontstaan.

#### 4.2 Technische begrippen leren

In 4.1 ging het om begripsvorming op het niveau van techniek als geheel. Nu gaan we nader in op begripsvorming ten aanzien van concepten, die binnen de techniek gebruikt worden. Ook hierbij doelen we op begrippen die door alle deelgebieden van de techniek heen bruikbaar zijn. Verschillen tussen technische disciplines komen hierin nog niet aan het licht. Hier doet zich overigens een belangrijk probleem voor. Als academische basis voor het techniekonderwijs in het vo is er niets anders dan die technische disciplines. In een technische universiteit vinden we faculteiten voor chemische technologie, voor bouwkunde, voor technische natuurkunde, enzovoorts. Maar een faculteit voor technologie vinden we niet. Er is dus geen academische discipline, die zich bezighoudt met die begrippen die voor alle technische disciplines geldig zijn. Maar toch staan we niet helemaal met lege handen. Er worden immers wel activiteiten ontplooid in de geschiedenis en filosofie van de techniek en in de ontwerpmethodologie. Dat zijn disciplines, waarin in brede zin gereflecteerd wordt op technologische ontwikkelingen en waarin zowel voor gemeenschappelijke kenmerken voor techniek als voor verschillen tussen technieken aandacht wordt gevraagd. Uit die disciplines valt wel degelijk het nodige te leren. Veel van het onderstaande is dan ook aan die disciplines ontleend. Ook voor de volgende hoofdstukken zijn deze disciplines een belangrijke inspiratiebron geweest.

Wat zijn nu de begrippen, die bij de fase van conceptualiseren tot inhoud van onderwijs gemaakt kunnen worden? Een kernbegrip dat in dat opzicht vaak genoemd wordt, is het systeembegrip. In feite kan een compleet leerplan met dat begrip als centrum opgebouwd worden. Dat ziet er dan als volgt uit. Eerst worden één voor één de begrippen materie, energie en informatie ingevoerd. Als inleiding op de introductie van het energiebegrip kunnen mechanismen (hefbomen en overbrengingen) worden gebruikt. Gekoppeld aan deze drie 'basisbouwstenen' van de techniek kunnen de basisfuncties van een technisch systeem worden ingeleid. Daarbij is te denken aan: verplaatsen, omzetten, scheiden/verbinden, en opslaan/ophalen. Die zijn allemaal op de drie 'basisbouwstenen' toepasbaar. Zo kan materie worden verplaatst (als ik binnen een fabriekshal materialen van de ene machine naar de andere breng), omgezet (als ik van eieren, melk en meel een cake bak), verbonden en gescheiden (als ik twee plankjes op elkaar lijm of van elkaar trek) en opgeslagen (in een magazijn). Ook energie kan worden verplaatst (bijvoorbeeld van elektriciteitscentrale naar gebruikers), omgezet (van chemische energie naar straling in een kaars), verbonden of gescheiden (wanneer ik batterijen in serie schakel of juist parallel) en opgeslagen (in een batterij). Tenslotte zien we dezelfde bewerking ook bij informatie: ook deze kan worden verplaatst (dat gebeurt bij communicatie), omgezet (van ingetypte letters naar bits in een computer), verbonden of gescheiden (wanneer ik meerdere signalen door één kabel stuur en ze aan het eind weer van elkaar scheid in een elektrisch circuit) en opgeslagen (op een cassettebandje of cd).

Nadat materie, energie en informatie elk afzonderlijk bij leerlingen bekend zijn, worden ze samengebracht in het systeembegrip. Ze fungeren daar als input en output. De functie van het technisch systeem zorgt voor het proces dat van input tot output leidt. Zo is bij een wasmachine de input materie (vuile was en koud water), energie (elektrische energie uit het stopcontact) en informatie (het wasprogramma dat ik intoets). Er vindt een proces plaats waarin water verwarmd wordt (omzetting van elektrische energie in warmte in het verwarmingselement en verbinden van warmte aan het water), de vuile was door het water geslingerd (omzetting van elektrische energie in mechanische in de elektromotor) en vermengd met waspoeder (verbinden van water en waspoeder) en tenslotte door centrifugeren weer uit de schone was geslingerd wordt (het vuil wordt gescheiden van de was en verbonden met het water). De output bestaat weer uit materie (schone was, vuil warm water), energie (warmte in het water) en informatie (een tekst op een display, een al of niet brandend indicatielampje of een zoemer).

Er zijn nog enkele begrippen, die met systemen verbonden zijn. Zo is er het begrip van de systeemhiërarchie: het hoofdsysteem bestaat vaak uit deelsystemen, die elk weer uit deel-deelsystemen kunnen bestaan, en zo verder. Ook is er het begrip terugkoppeling, dat we in veel systemen vinden. In principe is het systeembegrip toepasbaar op elk technisch artefact, maar het is niet altijd zinvol om dat te doen. Een asbak is als technisch systeem te beschrijven, maar dit voegt aan ons inzicht van de werking van een asbak niets toe. Een ontwerper zal het dan ook niet in zijn of haar hoofd halen om een systeemanalyse te gebruiken als ondersteuning bij het ontwerpen van een asbak. In feite is de toepasbaarheid van het systeembegrip dus wel degelijk beperkt. Er is een tijd geweest, waarin aan het systeembegrip een zeer grote waarde werd toegekend, maar die tijd is voorbij. Toch hoeft dit niet te betekenen, dat we het systeembegrip als kind met het badwater van de systeem-filosofieën zouden moeten weggoien. In de techniek wordt nog altijd gebruik gemaakt van dit begrip, maar dan wel voorzover dit zinvol is. In het onderwijs zouden we eveneens zo met dit begrip moeten omgaan.

#### 4.3 Leren als reconstrueren

In de vakdidactiek van de natuurwetenschappelijke schoolvakken (natuurkunde, scheikunde, biologie) is de afgelopen jaren veel aandacht geweest voor preconcepten van leerlingen. Dat zijn de intuïtieve ideeën, die kinderen en leerlingen hanteren bij hun denken over de leerinhouden van het leerplan. Kennis over die preconcepten geeft inzicht in de punten waarop in het bijzonder gelet moet worden bij het onderwijzen van die leerinhouden. Zo is bijvoorbeeld gebleken, dat zelfs eerste-jaars studenten elektrotechniek ten onrechte menen dat de stroomsterkte na een lampje in een elektrisch circuit kleiner is dan daarvoor. Toch zijn diezelfde studenten in staat om met de wetten van Ohm en Kirchoff de ingewikkeldste berekeningen correct uit te voeren. Daaruit blijkt dat in hun hoofd twee conflicterende beelden naast elkaar bestaan: volgens hun 'schoolbeeld'-berekeningen is de stroom voor een lampje hetzelfde als daarna, maar volgens hun 'straatbeeld' gebruikt het lampje stroom. En zolang de onderwijsgevende geen situaties laat ontstaan, waarin het conflict tussen die twee beelden duidelijk wordt, blijven schoolbeeld en straatbeeld naast elkaar bestaan. Op school wordt alleen het schoolbeeld opgebouwd en aangepast en het straatbeeld blijft onaangepast, zelfs daar waar het strijdig is met het schoolbeeld. Er moeten dus bewust onderwijsleersituaties ingericht worden, waarin leerlingen zich van het conflict bewust worden, zodat ze ook hun straatbeeld aanpassen. Zulke onderzoeken zijn er bijvoorbeeld ook geweest op de gebieden van de mechanica en de optica.

Voor techniek bestaan zulke onderzoeken echter nog nauwelijks. Er is wel wat onderzoek gedaan naar redeneerwijzen, die leerlingen hanteren bij tandwielen. Maar afgezien daarvan weten we nog niets over de preconcepten van leerlingen op het gebied van de techniek. Of leerlingen in een wasmachine een systeem zien waarin input via een proces wordt omgezet in output of dat ze het alleen beschouwen als een verzameling van schroeven en moeren weten we domweg niet. Toch zou die kennis belangrijk zijn om techniekonderwijs zo adequaat in te richten, dat niet alleen een schoolbeeld van techniek wordt opgebouwd, maar ook het straatbeeld wordt bijgesteld. Leren over techniek wordt pas dan echt het reconstrueren van (oorspronkelijk op intuïtieve wijze ontstane) begrippen door de lerenden.

Eén ding is uit vakdidactisch onderzoek bij techniek wel duidelijk geworden: het leren van technische vaardigheden (bijvoorbeeld technisch ontwerpen of algemener, het oplossen van technische problemen) kan niet in een vacuüm gebeuren, maar moet altijd gebeuren in een specifieke context, met de begrippen die bij die context horen. Zo leer je leerlingen niet ontwerpen 'in het algemeen', maar je leert ze een bepaalde constructie ontwerpen of een bepaald regelsysteem. Het leren van vaardigheden en het leren van begrippen hangen dus nauw samen en daaraan moet ook recht gedaan worden bij het inrichten van de lessen over techniek. Daarom wordt de projectwerkvorm veel gehanteerd

in technieklessen in het voortgezet onderwijs. In projecten krijgen leerlingen ontwerp- en maakopdrachten, waarbij ze technische begrippen moeten gebruiken om deze opdrachten goed te kunnen uitvoeren. Het leren van die begrippen kan dan gebeuren in de context van het concrete ontwerp- of maakprobleem.

De confrontatie van de intuïtieve concepten bij leerlingen met de werkelijkheid kan voor een deel plaatsvinden met een aantal nog niet genoemde werkvormen: het gebruik van gastsprekers, bedrijfsbezoeken, media en musea. De industriële werkelijkheid kan niet zo gemakkelijk de klas binnengehaald worden. Maar wel kan een goede indruk daarvan gegeven worden door ingenieurs, die midden in de industriële praktijk staan, voor de klas te halen en over hun werk te laten vertellen. Ook de menselijke kant van technische beroepen kan op die manier in de conceptualisering worden meegenomen. Een andere mogelijkheid is met een klas een bedrijf te bezoeken. Zo'n bezoek moet wel goed voorbereid worden, wil het niet op een wirwar van losse indrukken uitlopen. Ook een goed nagesprek is nodig om de eventuele conflicten tussen intuïtief beeld en werkelijkheid expliciet te maken. Een derde mogelijkheid om iets van de industriële praktijk zichtbaar te maken is het gebruik van video's of cd-rom's. Met name de televisieserie 'Techniek in praktijk', door de Nederlandse Onderwijs Televisie geproduceerd, laat een rijke verscheidenheid aan technische situaties zien, die normaal door een docent niet gerealiseerd kan worden. Tenslotte zijn we in Nederland een aantal musea rijk, die op verschillende technische gebieden betrekking hebben, alsook het museum New Metropolis in Amsterdam, waar een aantal verschillende technieken zo neergezet zijn, dat ze de conceptualisering ondersteunen. Ook hierbij zijn een goede voorbereiding in de klas en een goede nabespreking onmisbaar, wil deze werkvorm het beoogde doel bereiken.

Zoals opgemerkt is tot nu toe nog weinig ervaring met betrekking tot begripsvorming bij natuurwetenschappelijk onderwijs overgenomen in techniekonderwijs. Toch zijn er kleine aanzetten. In Engeland is wat onderzoek gedaan naar het gebruik van 'concept mapping', waarbij leerlingen schema's moeten tekenen van allerlei technische begrippen en hun onderlinge relaties. Meer inzicht leidt er dan toe dat meer relaties tussen de concepten onderkend worden. Hoewel het effect daarvan nog onvoldoende aangetoond is, is de poging niettemin interessant. Het is te wensen dat in de toekomst ook bij techniek explicieter aan begripsvorming als proces van herdefinitie van intuïtieve begrippen bij leerlingen gewerkt wordt.

#### **4.4 De opleiding van docenten**

In Nederland is de opleiding van techniekdocenten in verband met de invoering van de basisvorming, zeker in vergelijking met het buitenland, redelijk voortvarend aangepakt. Er is een omscholingsprogramma opgezet en uitgevoerd, waarin docenten in twee jaar een pakket aan kennis en vaardigheden werd aangebracht dat hen in staat moest stellen om het nieuwe vak techniek gestalte te geven. De komst van schoolboeken voor dat vak en de ondersteuning door de pedagogische centra heeft hen daarbij in belangrijke mate ondersteund. Om de begripsvorming bij leerlingen te kunnen bewerken dienen docenten uiteraard zelf het begrippenkader van de techniek in zekere mate te beheersen. De leraren-opleidingen hebben gaandeweg de omslag gemaakt van de nascholing voor techniek, die traditioneel gericht was op het bijbrengen van handvaardigheden, naar een omscholing voor techniek, waarin ook theoretische begrippen een duidelijke plaats kregen. De vakdidactische component heeft het helaas altijd zonder veel ondersteuning vanuit onderzoek moeten doen. Al eerder in deze publicatie is opgemerkt, dat er vergeten bij de vakdidactiek van de natuurwetenschappen in dit opzicht bij techniek van een grote armoede sprake is.

Duidelijk is echter wel, dat docenten door de opleiding in staat gesteld moeten worden een scala aan werkvormen te hanteren, wil een goed begripsvorming plaatsvinden. De volgende drie zijn daarbij gebruikelijk:

- voor het verkrijgen van inzicht in technische begrippen laten docenten leerlingen experimenten doen;

- voor het toepassen van die begrippen doen leerlingen projecten op basis van ontwerp- en maakopdrachten;
- voor de samenhang met maatschappelijke aspecten maken leerlingen werkstukken.

Klassikale momenten van uitleg en demonstratie kunnen worden gebruikt om bovenstaande werkvormen te ondersteunen. In de opleiding moet idealiter aan al deze werkvormen aandacht besteed worden. Voor de laatstgenoemde werkvorm is gewenst dat docenten onder meer bekend zijn met het technische bedrijfsleven. Wij hebben in dat opzicht een achterstand vergeleken bij landen als Frankrijk en Engeland. Een andere zwakte in de huidige lerarenopleiding voor techniek is de relatie met natuurwetenschappen. Veel docenten in de omscholing hebben een opleiding zonder natuurwetenschappen genoten om hun onderwijs-bevoegdheid in bijvoorbeeld Engels of geschiedenis te krijgen. Ze voelen zich ook dikwijls erg onzeker op het gebied van de natuurwetenschappen en wiskunde, ook na de omscholing. Dat weerhoudt hen ervan in hun technieklessen expliciet gebruik van natuurkunde bij hun leerlingen te stimuleren. Daardoor komt er van het gezamenlijk optrekken van de leerlijn voor natuurwetenschappen en die van techniek in deze fase van conceptualiseren helaas niet veel terecht. Deze relatie wordt hieronder nog afzonderlijk besproken.

#### 4.5 De relatie met natuurwetenschappen

In het internationale debat over het techniekonderwijs als element in het voortgezet onderwijs kwam en komt regelmatig de vraag naar voren of techniek als een apart vak gegeven zou moeten worden of geïntegreerd zou moeten zijn in het natuurwetenschappelijk onderwijs. Wat valt daarover te zeggen vanuit de gedachte van een doorlopende leerlijn, zoals die tot nu toe geschetst is? In hoofdstuk 3 is aangegeven dat de fase van oriëntatie op techniek goed kan plaatsvinden in combinatie met de oriëntatie op natuur. Maar dat wordt anders wanneer we gaan werken aan begripsvorming bij leerlingen. Dan ontkomen we er niet aan dat er in de natuurwetenschappen andere begrippen gebruikt worden dan in de techniek. Er is weliswaar een relatie tussen die beide leergebieden: bepaalde begrippen en wetmatigheden uit de natuurwetenschappen worden toegepast in de techniek om te komen tot een werkend product. Maar om tot dat technisch resultaat te komen zijn nog veel meer, andersoortige begrippen nodig. Sommige natuurwetenschappelijke begrippen ondergaan zelfs een transformatie voordat ze toepasbaar zijn in de techniek. Walther Vincenti geeft in een boeiend boek over ontwerpprocessen in de vliegtuigbouwkunde het voorbeeld van het begrip 'control volume', dat uiteindelijk wel een natuurkundige basis heeft, maar voor elke rechtgeaarde fysicus te praktisch is om theoretische belangstelling te trekken. Een ander voorbeeld van zo'n transformatie is het begrip 'energie'. Spreekt een technicus ongecompliceerd over 'energie-productie', voor een fysicus is dit een vloek, want energie blijft in de natuurkunde altijd behouden. De schijnbare tegenstrijdigheid wordt opgelost als we bedenken dat de technicus hier het begrip energie in een andere betekenis gebruikt als de fysicus, namelijk als 'bruikbare energie'.

De begripsvorming bij natuurwetenschappen en techniek in het onderwijs kan dus het best afzonderlijk gebeuren. Dat wil niet zeggen dat de relatie tussen die twee niet belangrijk is. Net als bij de oriëntatiefase is voor een goed begrip van de techniek het inzicht in de natuurwetenschappen onontbeerlijk. De wisselwerking tussen de ontwikkeling van natuurwetenschappen en techniek is historisch gezien voor beide erg belangrijk geweest. Maar de uitkomst van die historische ontwikkeling is tevens geweest dat natuurwetenschappen en technische wetenschappen elk een eigen begrippenkader hebben gekregen. Ook zonder dat het onderwijs in die vakken een onmiddellijke weergave van die begrippenkaders moet zijn, zijn deze afzonderlijke kaders toch voldoende reden om een afzonderlijk vak techniek in de fase van conceptualiseren te rechtvaardigen.

Overigens ligt er een probleem op het terrein van de wenselijke samenwerking tussen de natuurkunde- en de techniekdocent. Elk is namelijk in de Nederlandse (en niet alleen die) onderwijstraditie een koninkje in zijn eigen

koninkrijk. Afstemming van vakken op elkaars behoeften is in het Nederlandse onderwijsbestel nog altijd eerder uitzondering dan regel. Soms worden wel pogingen gedaan om die grenzen heel rigoureuus te doorbreken door de lessentabel een week of wat aan de kant te zetten en met een klas een project uit te voeren. In zo'n project kunnen dan zowel natuurwetenschappelijke als technische aspecten worden verdisconteerd. Ook andere vakken worden hierbij betrokken. In Engeland zijn wel goede voorbeelden van zulke projecten te vinden, waarbij een klas tijdelijk een bedrijfje opzet en runt. Zo'n bedrijfje heeft dan een onderzoeksafdeling, een ontwikkelafdeling, een marketing- en verkoopafdeling, en zo komen alle vakken ergens wel aan bod. Natuurwetenschappen zijn van belang bij het onderzoek, techniek bij de ontwikkeling, economie bij de marketing en verkoop, maar ook talenonderwijs heeft een inbreng, bijvoorbeeld bij het maken van een meertalige folder over het product. Het vraagt uiteraard wel wat moed van de schoolleiding om de normale gang van zaken op school zo drastisch te verlaten, maar de ervaringen in Engeland waren over het algemeen heel positief.

Samenvattend: leerlingen in de onderbouw van het vo moeten de basiskenmerken en -begrippen van de techniek leren kennen. In verschillende benaderingen van techniekonderwijs zijn verschillende rollen toebedeeld aan deze kenmerken en begrippen.

De basiskennmerken: techniek

- is een menselijke activiteit;
- is een proces, dat bestaat uit bedenken, maken en gebruiken van nieuwe dingen;
- maakt gebruik van materie, energie en informatie;
- met behulp van kennis van natuurlijke verschijnselen;
- houdt rekening met maatschappelijke aspecten.

Basisbegrippen van de techniek zijn:

- materie, energie en informatie,
- systemen, systeemhiërarchie, terugkoppeling,
- basisfuncties als verplaatsen, omzetten, scheiden/verbinden, opslaan/ophalen.

Leren van begrippen is in feite altijd reconstrueren van bij leerlingen intuïtief ontstane begrippen. Docenten moeten in hun opleiding leren met verschillende werkvormen leersituaties te creëren die deze reconstructie mogelijk maken. De relatie met de natuurwetenschappen is in de huidige situatie nog een punt van zorg, omdat de meeste docenten zich daarin niet thuis voelen.

## 5 DIFFERENTIËREN VAN TECHNIEKEN

De volgende stap in de voorgestelde leerlijn is de fase van differentiëren. Na de fase van het onderwijzen en leren van begrippen, die ge-meenschappelijk zijn voor een leergebied, gaat het in deze fase om de verschillen tussen verschillende onderdelen van het totale leergebied. Voor techniek wordt dit hier uitgewerkt; analoge uitwerkingen voor de natuurwetenschappelijke vakken zijn weer denkbaar.

### 5.1 Typen van technieken

Het is het intrappen van een open deur om te stellen dat een vliegtuig als technisch product iets anders is als een kurkentrekker. Minder evident is het om aan te geven hoe dan de verschillen te karakteriseren zijn. Er zijn hiervoor een aantal mogelijkheden. In de eerste plaats kunnen we denken vanuit de verschillende technische wetenschappen. We komen dan op een indeling als: bouwkunde, werktuigbouwkunde, civiele techniek, vliegtuigbouwkunde, mijnbouwkunde, elektrotechniek, chemische technologie en informatica. De lijst is zeker niet volledig, alleen al vanwege het feit, dat er tegenwoordig nieuwe mengvormen ontstaan als 'technische bedrijfskunde', 'technische bestuurskunde' en 'techniek en maatschappij'. Deze indeling heeft het voordeel dat elk van deze technische wetenschappen als discipline goed herkenbaar is. Elk heeft een goed ontwikkeld begrippenkader, kent een eigen wetenschappelijke gemeenschap, die zichtbaar wordt in bijvoorbeeld eigen vaktijdschriften en congressen.

In de tweede plaats is te denken aan een indeling, die gebaseerd is op de manier waarop producten en processen ontwikkeld worden. Dan is een volgende indeling denkbaar:

- technieken waarvan de ontwikkeling voornamelijk berust op eerdere ervaring van de ontwerpers (ervaringstechnieken);
- technieken waarvan de ontwikkeling geschiedt in wisselwerking met klassieke natuurwetenschappen, die zich bezighouden met het macro-niveau van verschijnselen (macrotechnieken);
- technieken waarvan bij de ontwikkeling essentieel gebruik gemaakt is van moderne natuurwetenschappelijke theorieën op microniveau, zoals quantummechanica en vastestoffysica (micro-technieken).

In die indeling is een kurkentrekker een voorbeeld van een ervarings-techniek, een vliegtuig grotendeels een op macrotechnische wijze ontwikkeld product en de transistor een duidelijk voorbeeld van een micro-techniek. Drie opmerkingen zijn bij deze indeling te maken. In de eerste plaats moeten we niet denken dat ervaringsstechnieken het meest primitief zijn en microtechnieken het meest geavanceerd. Kurkentrekkers kunnen nog altijd het best op ervaringsstechnische wijze ontworpen worden en niet door te gaan rekenen aan de moleculen en atomen. Voor kurkentrekkers is de ervaringsstechnische ontwikkelwijze dus de meest geavanceerde. Een tweede opmerking is dat een concreet product kan bestaan uit onderdelen met verschillende karakters. Een opnamebuis in een televisiecamera is maar een klein cilindertje, maar voor de ontwikkeling ervan waren alle drie de typen technieken nodig. Het plaatje metaal waarmee het licht wordt omgezet in een elektrisch signaal bestaat uit stoffen die langs microtechnische weg gevonden zijn. Het bereiken van een voldoende vacuüm in de buis is een voorbeeld van een macrotechnische ontwikkeling. En het bepalen van de juiste vorm van de glazen omhulling tenslotte was een zaak van 'Fingerspit-zengefühl' van ervaren glasblazers, die 'aanvoelden' welke vorm het glas niet zou doen barsten. De derde opmerking is dat een product in de loop van de geschiedenis van karakter kan veranderen. Het ontwerpen van bruggen

ging vroeger op basis van vuistregels voor de onderlinge dimensies van de onderdelen, die voortgekomen waren uit veel ervaring met het bouwen van bruggen. Dat is een echte ervaringstechnische benadering. Maar tegenwoordig worden bruggen met behulp van klassieke mechanica helemaal doorgerekend. Dat is dus een meer macrotechnische benadering. Ook hier geldt dat een microtechnische aanpak niet zinvol is. Zelfs al zouden de ingenieurs beschikken over een computer die sterk genoeg is om de hele brug door te rekenen vanuit de moleculen waaruit de brug uiteindelijk opgebouwd is, dan nog zouden de uitkomsten van die berekeningen een schijnnaauwkeurigheid hebben, die bij het bouwen van de brug helemaal niet gerechtvaardigd is.

De indeling in ervarings-, macro- en microtechnieken biedt tevens een mogelijkheid voor een invulling van de differentiatiefase bij natuurwetenschappelijk onderwijs. Er zijn namelijk analoog vormen van natuurwetenschappelijk kennen aan te wijzen:

- kennis die het resultaat is van het systematisch verzamelen van ontwerpervaringen (veel materiaalkundige kennis is zo ontstaan);
- kennis die in wisselwerking met de ontwikkeling van technische artefacten ontstaan is (zoals de klassieke thermodynamica ontstaan is in wisselwerking met de ontwikkeling van heteluchtmotoren en stoommachines);
- natuurwetenschappelijke kennis, die zich op microniveau afspeelt en aan technische ontwikkelingen vooraf gegaan is (zoals de al genoemde quantummechanica en vastestoffysica).

Welke indeling heeft vanuit de gedachte van de doorlopende leerlijn de voorkeur? Dat hangt ervan af naar welke aansluiting we kijken. Vanuit de conceptualiseringsfase gezien is de tweede aansluiting het meest voor de hand liggend. Deze indeling is immers vooral geënt op de nadere begripsvorming. De wisselwerking met de leerlijn voor de natuurwetenschappen wordt hierin uitgewerkt om de verschillen tussen verschillende techniek uit te werken. Maar vanuit de aansluiting met vervolopleidingen gezien verdient de eerste indeling de voorkeur. Daarin zijn immers die vervolopleidingen al direct herkenbaar. Er vindt dan in feite een nadere oriëntatie plaats voor elk van die mogelijke vervolopleidingen. Overigens is ook de tweede indeling wel enigermate belangrijk in het kader van de keuze voor een vervolopleiding. Bij microtechnieken zijn immers maatschappelijke aspecten zeker in de beginfase van ontwikkeling veel minder pregnant aanwezig dan bij ervaringstechnieken. Bij de ontwikkeling van een nieuwe kurkentrekker kan men van meet af aan gebruikerswensen meenemen, maar bij de ontwikkeling van de transistor is dat onmogelijk. Wie vooral in de wisselwerking tussen techniek en maatschappij geïnteresseerd is, zal zich dus wellicht meer thuisvoelen in ervaringstechnieken dan in microtechnieken. Zo iemand kan beter bouwkunde kiezen dan technische natuurkunde.

Er is een combinatie van beide indelingen denkbaar, die aansluit bij de huidige praktijk van de bovenbouw van het vo, waarin techniek geen zelfstandig vak is, maar ten dele bij het vak algemene natuurwetenschap (ANW) aan de orde komt en ten dele bij de natuurwetenschappelijke profielvakken. In die setting ligt het voor de hand om techniek in projecten te stoppen, waarbij dan een bepaald technisch product of groep van producten centraal staat. Die producten kunnen dan zowel gekarakteriseerd worden door middel van de indeling in ervarings-, macro- en microtechnieken, alsook volgens de meer klassieke disciplines, die in de eerstgenoemde indeling genoemd zijn.

## **5.2 Ontwerpen en natuurwetenschappelijk onderwijs**

Zoals hierboven opgemerkt vindt op dit moment het onderwijs in techniek in de bovenbouw van het vo niet in een apart vak plaats, maar in het kader van het natuurwetenschappelijk onderwijs. Of dit een ideale situatie is, kan worden betwist. De kans is in elk geval nadrukkelijk aanwezig dat de eigen aard van de verschillende techniekvormen



onvol-doende uit de verf komt, omdat het accent ligt op de techniek als toe-passing van natuurwetenschappelijke kennis. De vraag is hoe dit voor-komen kan worden, zodat zowel de leerlijn van techniek als die van de natuurwetenschappen doorloopt van onderbouw naar bovenbouw en naar vervolgopleiding. Met andere woorden, waar ontmoeten techniek en natuurwetenschappelijke kennis elkaar bij uitstek? Dat is in het ont-werpproces, waarin ontwerpers (onder meer) gebruik maken van na-tuurwetenschappelijke kennis om te komen tot een oplossing voor een menselijke of maatschappelijke behoefte. Door een goede keuze van onderwerpen komen zowel de natuurwetenschappelijke kennis als het ontwerpproces als karakteristiek van techniek tot hun recht. Bij de in-vulling van het bovenbouwleerplan in Nederland is dit idee inmiddels in praktijk omgezet. In het kader van het Projekt 15+ zijn een aantal ont-werpopdrachten ontwikkeld. Omdat het ontwerpproces inmiddels ook in de onderbouw een duidelijkere plaats heeft gekregen, is hier een goe-de aansluiting aanwezig. Van een expliciete differentiatie is echter nog geen sprake. Er vindt geen vergelijking plaats tussen de verschillende projecten, waardoor er eerder sprake is van een voortgezette concep-tualisering dan van een fase van differentiëring.

### **5.3 Nascholing van docenten**

Door het invoeren van technische aspecten in het natuurwetenschappe-lijk onderwijs in de bovenbouw van het vo ontstaat er behoefte aan na-scholing van docenten. Immers, in de opleiding van docenten voor de natuurwetenschappelijke vakken wordt op dit moment nog niet of nau-welijks aandacht besteed aan techniek en ontwerpen. In die nascholing moet in feite voor de docenten ook een stuk conceptualisering plaats-vinden. Zij hebben immers in hun opleiding niet de wezenskenmerken van de techniek leren kennen. Voor een goede aansluiting bij de fase van conceptualisering is die kennis ook voor hen noodzakelijk. Boven-dien kunnen ontwerpprocessen niet alleen verlopen door gebruik van natuurwetenschappelijke kennis, maar ook door middel van technische begrippen. Om zulke projecten goed te kunnen begeleiden moeten zij ook die technische begrippen kennen.

Samenvattend: in de fase van differentiëren leren leerlingen onder-scheid maken tussen technieken. Er zijn verschillende mogelijkheden om die in te delen (in de klassieke ingenieursvakgebieden of in erva-rings-, macro- en microtechnieken). Deze verschillen zijn duidelijk te maken door leerlingen te laten ervaren dat ontwerpen verschillend ver-loopt in de verschillende typen van technieken. Het onderwijs in deze fase zal vooral gegeven worden door docenten van de natuurweten-schappelijke vakken, die hiertoe speciale nascholing behoeven.

## 6 SPECIALISEREN IN TECHNIEK

In de beroepsopleidingen en in het universitair onderwijs vindt een fase van specialisatie plaats. Leerlingen en studenten verdiepen zich in één bepaald vakgebied, gekozen op basis van adviezen en eigen eerdere ervaringen met een scala aan vakgebieden. Voor techniek wordt ook voor deze fase een poging tot uitwerking gedaan. We hebben in deze fase echter te maken met een breed scala aan technische opleidingen, die bovendien op verschillende niveaus gegeven worden (variërend van opleidingen in het voorbereidend beroepsonderwijs tot de programma's van de technische universiteiten). Het is onmogelijk om voor alle opleidingen te laten zien hoe het doorlopen van de leerlijn daarin zichtbaar wordt of kan worden. Wel kunnen enkele algemene trends worden aangegeven: de toenemende aandacht voor het ontwerpen, voor de maatschappelijke inbedding van de technologische ontwikkelingen en de verbreding van het pakket aan werkvormen. Het is goed vooraf op te merken dat deze op dit moment voornamelijk te zien zijn in het technisch universitair onderwijs. Wat in dit hoofdstuk volgt is dan ook voornamelijk van toepassing op die vorm van onderwijs.

### 6.1 Ontwerpgerichtheid

In de eerste plaats het (technisch) ontwerpen. Het is verbazingwekkend dat er in technische vervolgoopleidingen tot voor kort erg weinig aandacht besteed werd aan ontwerpen. Voor technisch onderwijs ligt toch voor de hand dat ontwerpen een belangrijke rol speelt. Natuurlijk werd er wel ontworpen, maar er werd niet expliciet over gereflecteerd. De aanname was dat studenten veel technische kennis moesten opdoen en dan 'vanzelf' wel leerden om die kennis in ontwerp opdrachten toe te passen. Het ontwerpproces zelf was meestal geen onderwerp van onderwijs. Een van de weinigen die wel oog hadden voor dat aspect was Van den Kroonenberg, hoogleraar werktuigbouwkunde aan de Universiteit Twente en later directeur van het ECN, Energie Centrum Nederland. Hij schreef een leerboek over technisch ontwerpen. Daarin zijn schema's opgenomen die een heel algemene pretentie hebben: ze zouden op elk willekeurig ontwerpproces betrekking hebben. Dat lijkt een sterkte, maar het is tegelijk een zwakte. Onderzoek heeft immers aangetoond wat praktiserende ontwerpers allang wisten, namelijk dat elk ontwerpproces uniek is. In de ontwerpmethodologie - dat is de wetenschappelijke discipline die ontwerpprocessen bestudeert - is daarom aandacht gekomen voor verschillen tussen verschillende ontwerpprocessen. In het vorige hoofdstuk is al een en ander geschreven over verschillende typen technieken. Bij elk van die typen zien we eigensoortige ontwerpprocessen. Het zou in de fase van specialisatie natuurlijk niet zinvol zijn te doen alsof er geen fase van differentiatie geweest was en alle ontwerpprocessen weer over één kam te scheren.

Er is sowieso een probleem met die algemene schema's voor ontwerpprocessen in die zin dat het maar de vraag is of ze werkelijkheidswaardig hebben. Ten dele is het antwoord daarop 'ja', maar de ervaringen zijn niet altijd positief. Binnen een bedrijf als Philips wordt wel gewerkt met een handboek Product Creatie Processen (PCP). Daarin staat precies beschreven in welke stappen het ontwerpproces idealiter zou moeten verlopen. Voor elke fase kan dan een projectleider aangewezen worden, wiens taak het is om het project van de ene naar de volgende 'milestone' (mijlpaal) te brengen. Aan het eind van elke fase wordt het ontwerp-in-wording 'bevroren', zodat men bij de volgende fase exact weet waar men aan toe is en er niet achteraf nog allerlei wijzigingen kunnen worden ingevoerd. In een boeiend afstudeeronderzoek is voor een zeker project aangetoond dat die werkwijze fataal geweest is voor het project. Procesmatig was alles perfect gegaan (het PCP was precies volgens schema afgewerkt), maar het product bleek niet aan te sluiten bij de inmiddels veranderde markt. Andere onderzoeken hebben aangetoond dat veel ontwerpers, en met name ervaren (en goede) ontwerpers,

zulke schema's helemaal loslaten. Ze ervaren ze eerder als een ongewenst harnas dan als een nuttig hulpmiddel. Dit soort ervaringen roept de vraag op wat we met die ontwerpschema's aan moeten. Wellicht zijn ze in de fase van concipiëren bruikbaar om beginnende 'ont-werpers' te ondersteunen. In leerboeken voor die fase duiken dit soort schema's dan ook met regelmaat op. Maar zeker in latere fasen is het gevaar niet denkbeeldig dat ze een eigen leven gaan leiden. Een leven, dat met de werkelijkheid van de goede ontwerp-praktijk niet in overeenstemming is.

Maar goed, de groeiende aandacht voor ontwerpen is mede te danken aan het werk van Van den Kroonenberg. Een andere invloedsfactor is geweest het probleemoplossend onderwijsmodel van de universiteit van Maastricht. Studenten krijgen daarin nauwelijks hoorcollege, maar doen de kennis op door in teams aan praktische problemen te werken. Dat model is later door andere universiteiten - in mildere vorm - overgenomen. Een logische volgende stap voor technische opleidingen is om niet aan probleemoplossen in het algemeen, maar specifiek aan ontwerpen als vorm van probleemoplossen te gaan doen. Aan de Technische Universiteit Eindhoven spreekt men in dat verband van Ontwerp-Gericht Onderwijs (OGO).

## 6.2 Maatschappelijke inbedding

Een tweede trend in de fase van specialisatie is de toenemende aandacht voor maatschappelijke aspecten van technologische ontwikkelingen. Die beweging is in zekere zin begonnen toen aan het eind van de zestiger jaren kritiek ontstond op wetenschap en maatschappij, omdat men zich bewust werd van de negatieve effecten daarvan. De opkomende zorg om het natuurlijk milieu is daarvan een voorbeeld. In die tijd ontstond de vraag naar maatschappelijke beheersing van technologische ontwikkelingen. Technologisch Aspectenonderzoek (Technology Assessment, afgekort TA) werd ontwikkeld om overheden instrumenten in handen te geven voor die beheersing. Alles stond toen in het licht van maatschappelijke kritiek op technologische ontwikkelingen en in het bijzonder op specifieke ontwikkelingen als kernenergie en genetische manipulatie. Tegenwoordig groeit er een wat evenwichtiger aanpak. Niet alleen de negatieve, maar ook de positieve aspecten van techniek moeten gewogen worden. Op basis van scenario's, beelden van mogelijke toekomsten, moeten beslissingen genomen worden ten aanzien van de ontwikkeling van een bepaalde technologie.

Niet alleen overheden, maar ook bedrijven letten steeds meer op maatschappelijke belangen bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën. De zeventiger jaren hebben namelijk ook geleerd dat de markt niet alles meer accepteert aan nieuwe producten wanneer de financiële armslag terugloopt. Elektrotechnische bedrijven hebben die les pijnlijk geleerd bij de videocassetterecorders. Van de verscheidenheid aan systemen, die door verschillende bedrijven op de markt gezet werden (Betamax door Sony, de V2000 door Philips, VHS door JVC) overleefde er slechts één. Van de verscheidenheid aan videolangspeelplaten, ontwikkeld door bedrijven als Philips, RCA, en Telefunken, overleefde er zelfs helemaal niet één. En na het eclatante succes van de compact disc leerde Philips opnieuw deze les, toen zowel de interactieve cd (cd-i) als de digitale compact cassette (dcc) op de consumentenelektronicamarkt flopten. Door deze en andere ervaringen werd duidelijk dat het een overlevings-kwestie is om zo goed mogelijk aan te sluiten op wat de markt wil. In paragraaf 7.1 wordt nader ingegaan op kwaliteitszorg als middel om dit te bereiken. Omdat deze kwaliteitszorg door het bedrijfsleven belangrijk gevonden wordt, zijn tertiaire technische opleidingen bijna gedwongen hieraan meer aandacht te besteden.

De toegenomen aandacht voor maatschappelijke aspecten van technologische ontwikkelingen heeft zelfs geleid tot nieuwe, hybride opleidingen waarin technische en maatschappelijke kennis gecombineerd en geïntegreerd worden. Voorbeelden van dergelijke technische universiteiten zijn Technische Bedrijfskunde (Delft) en Techniek en Maatschappij (Eindhoven). Ook aan technische hogescholen of technische faculteiten van hogescholen vindt men sinds

kort zulke opleidingen. De technische diepgang van de meer klassieke opleidingen is ingeruild voor een breedte die ook de maatschappelijke aspecten van technologie omvat. Daar is wel kritiek op geweest, omdat men vreesde dat studenten zo onvolgende technische kennis zouden opdoen. Maar inmiddels hebben afge-studeerden van zulke opleidingen in de praktijk van hun werk de waarde van hun opleiding wel bewezen. Het blijkt dat zulke opleidingen niet een stap terug naar eerdere fasen in de leerlijn zijn, maar voluit specialisaties. Alleen slaat het begrip 'specialisatie' dan niet op een technische specialisatie, maar op de specialisatie op het snijvlak van techniek en maatschappij. Ook op dat snijvlak valt diepgang te bereiken, niet minder dan in de techniek 'an sich'. Het feit dat uiteindelijk ook aan die opleidingen de vijfjarige status gegeven is, illustreert de erkenning daarvan.

### **6.3 Nieuwe werkvormen**

De groeiende aandacht voor ontwerpen en maatschappelijke aspecten van technologische ontwikkelingen heeft geleid en leidt tot een verschuiving van werkvormen in het technisch beroepsonderwijs. Bestond voorheen het leerplan van een opleiding aan een technische universiteit vrijwel geheel uit hoorcolleges en practica, nu speelt ook projectonderwijs een steeds belangrijkere rol. Voor het leren van ontwerpvaardigheden is dat ook een veel geëigendere werkvorm dan een hoorcollege. Ontwerpen leert men niet door in een hoorcollege schema's voor ontwerpprocessen gepresenteerd te krijgen. Wel kunnen colleges gebruikt worden om te helpen bij de reflectie op ontwerpprocessen. Ook kunnen ze achtergrondinformatie aanreiken bij de beschouwing van maatschappelijke aspecten van technologische ontwikkelingen.

Samenvattend: er zijn in de technische beroepsopleidingen en in het technisch universitair onderwijs als invullingen van de fase van specialiseren enkele trends aan te wijzen: toenemende aandacht voor ontwerpen en ontwerpgericht onderwijs; daarnaast toenemende aandacht voor maatschappelijke aspecten van technologische ontwikkelingen. Onder invloed van deze trends zien we een verbreding van het scala aan gebruikte werkvormen.

## 7 DE TOEKOMST VAN TECHNIEKONDERWIJS

In deze publicatie is gekozen voor techniek als het vak waarvoor de gedachte van een doorlopende leerlijn wordt uitgewerkt. Nadat we de vier fasen in de leerlijn gezien hebben, sluiten we de uitwerking af met een blik op de toekomst van het techniekonderwijs. We zullen daarbij de relatie met de leerlijn vasthouden.

### 7.1 Het begrip 'kwaliteit'

Een eerste ontwikkeling die het techniekonderwijs in de toekomst in belangrijke mate kan beïnvloeden is de opkomst en verbreding van het kwaliteitsbegrip in het bedrijfsleven. Het belang van kwaliteitszorg is in het bedrijfsleven in een relatief korte periode sterk toegenomen. Betoekende het oorspronkelijk niet veel meer dan dat aan het einde van de productielijn steekproefsgewijs gemeten werd of het aantal ondeugdelijke producten aanvaardbaar was, nu betreft het begrip 'kwaliteit' de totale levenscyclus van een product, oftewel 'van zand tot klant'. Ja zelfs verder, want ook de recyclebaarheid van het product kan onder 'kwaliteit' gerekend worden. Reeds in de ontwerpfase moet rekening gehouden worden met de wensen van de klant. De ontwerper dient over kwaliteit na te denken in alle fasen van de productlevenscyclus (na ontwerp zijn dat productie en assemblage, opslag en distributie, verkoop en gebruik, onderhoud en reparatie, afdanken en eventueel re-cyclen). Al deze fasen moeten als het ware worden 'terugvertaald' naar het ontwerp. Met andere woorden: hoe kan het product zo worden ontworpen dat het zich goed laat produceren, assembleren, opslaan, distribueren, verkopen, gebruiken, onderhouden, repareren, afdanken en re-cyclen? Wanneer de kwaliteitszorg vervolgens heel de bedrijfsvoering doortrekt, is sprake van 'Total Quality Management' (TQM). Voor TQM is een verscheidenheid aan methodieken ontwikkeld, die de realisering van de kwaliteitszorg ondersteunen. Voor de ontwerpfase zijn dat bijvoorbeeld:

- Quality Function Deployment: daarbij worden klantwensen vertaald in technische eigenschappen;
- Value Analysis: daarin worden de kosten van een onderdeel afgewogen tegen het relatieve belang dat de klant hecht aan de functie die dat onderdeel vervult;
- Design for Assembly: daarbij wordt het ontwerp afgestemd op assembleerbaarheid;
- Design for Disassembly: daarbij wordt nagestreefd dat het product weer goed uit elkaar te halen is met het oog op hergebruik van materialen en onderdelen;
- Failure Mode and Affect Analysis: in deze methodiek wordt op systematische wijze het falen van het product voorkomen of worden de gevolgen daarvan beperkt.

De reeks van dergelijke methodieken is onderhand behoorlijk lang geworden. In het onderwijs wordt aan deze methodieken nog maar spaarzaam aandacht besteed: in het algemeen loopt het onderwijs nog achter bij het bedrijfsleven als het gaat om kwaliteitszorg.

In de fase van oriëntatie kan een begin gemaakt worden met dit aspect door leerlingen erop te wijzen dat techniek er is voor mensen. Het beantwoorden aan menselijke behoeften is de kern van de techniek en kwaliteit is een nieuwe manier om dat uit te drukken. In de fase van conceptualiseren kan het begrip 'kwaliteit' worden uitgewerkt en kan een begin gemaakt worden met het onderwijzen en leren van kwaliteitsmethodieken. In de fase van differentiatie moet duidelijk worden dat zulke methodieken niet een soort 'Haarlemmer olie' zijn. In elke situatie zullen ze aangepast moeten worden aan de eigenschappen van de technieksoort in kwestie. In de fase van specialisatie wordt het scala aan

kwaliteitsmethodieken diepgaander behandeld.

### 7.2 Milieu in alle fasen van de productlevenscyclus

Eén van de zaken, die de inbedding van milieuzorg in de bedrijfsvoering, heeft bevorderd, is de analogie met kwaliteitszorg waar het de product-levenscyclus betreft. In de loop van de tijd is het besef gegroeid dat een goede milieuzorg verder gaat dan het opruimen van vervuiling in de productie- en gebruiksfase, maar dat al in de ontwerpfase gelet moet worden op alle vormen van milieubelasting die in de verschillende fasen van de productlevenscyclus zullen ontstaan. Ex-milieuminister Winsemius heeft de ontwikkeling van dat besef geschetst in vier fasen:

- reactief gedrag: daarbij werden slechts end-of-pipe of schoonmaken-de technieken gebruikt om uitstoot te verminderen, zodat aan wettelijke verplichtingen werd voldaan;
- receptief gedrag: daarin gingen bedrijven de productiefase verbeteren in het besef dat zuiniger gebruik van materialen en energie ook financieel aantrekkelijk was;
- constructief gedrag: daarbij werd de ontwerpfase aangepakt, zodat daarin de te voorziene milieu-effecten over de hele levenscyclus verdisconteerd werden;
- pro-actief gedrag: dat gaat nog een stap verder, omdat nu zelfs de behoefte achter het product ter discussie gesteld wordt: kan een ander product aan die behoefte voldoen, of moet er misschien niet aan die behoefte voldaan worden om het milieu te sparen?

In het onderwijs is tot nu toe vooral het eerste type gedrag geïmplementeerd. Zo maakten leerlingen in de basisvorming bijvoorbeeld in sommige leergangen een model van een waterzuiveringsinstallatie. De daaropvolgende fasen in de indeling van Winsemius vinden we echter nog nauwelijks terug. In de toekomst zal daaraan meer gedaan moeten worden om ook op dit terrein de afstand tussen bedrijfsleven en onderwijspraktijk niet te ver te laten oplopen. Milieuzorg wordt dan een nieuw onderdeel van de totale leerlijn. In de oriëntatiefase wordt de noodzaak van milieuzorg door kinderen in de basisschool verkend; begrippen rondom milieuzorg worden in de conceptualiseringsfase in de basisvorming ontwikkeld; verschillen tussen milieubelasting van verschillende typen van producten komen in de differentiatiefase aan de orde en in de specialisatiefase wordt diepgaander ingegaan op de verschillende methodieken en technieken van milieuzorg en milieubeheer.

### 7.3 Het opbouwen van een kennisdomein

Nog één behoefte aan verdere uitwerking van de leerlijn voor techniek wordt hier genoemd: de opbouw van een kennisdomein ('body of knowledge') voor techniekonderwijs. De nadruk valt daarbij (uiteraard, want het gaat om begrippen) op de fase van conceptualisering en op die van differentiëring. In de specialisatiefase bestaat voor elk van de technische domeinen reeds een kennisdomein, zoals we in hoofdstuk 6 al vaststelden. In de fase van oriëntatie bestaat de behoefte aan een kennisdomein nog niet zo sterk, omdat hier nog geen systematische opbouw van kennis bij leerlingen hoeft plaats te vinden. Maar bij de uitwerking van de middelste twee fasen merkten we al op, dat hiervoor eigenlijk een academisch analogon ontbreekt. Er is geen wetenschappelijke discipline, anders dan de kleine groepen die werken aan de filosofie van de techniek, waarin een begrippenkader ontwikkeld wordt, dat voor heel de techniek gemeenschappelijk is. Het bestaan van zo'n begrippenkader wordt niet zelden betwijfeld. Pogingen uit het verleden om vanuit puur theoretische beschouwingen te komen tot een 'Algemene Technologie' zijn weer losgelaten. Recenter zijn de pogingen om langs meer empirische weg te komen tot een inventarisatie van technische kennis ('What engineers know and how they know it'). Voor het onderwijs kan ook de eerstgenoemde weg zijn nut hebben, zoals de praktijk in Duitsland heeft

laten zien. De 'Algemene Technologie' heeft daar als theoretisch kader zeker goede diensten bewezen bij de opbouw van het techniekonderwijs in de onderbouw van het vo. Ook de nieuwe kerndoelen voor techniek in de basisvorming, die in 1998 van kracht werden, zijn duidelijk door die filosofie beïnvloed en dit heeft een zeer positieve uitwerking gehad op de interne samenhang en consistentie van de verzameling kerndoelen. De tweede, meer empirische weg is echter noodzakelijk voor de empirische validering van zulke begrippen. Met andere woorden: zo'n theoretisch bepaald kader moet wel overeenkomen met de techniek zoals die in werkelijkheid in de praktijk bedreven wordt. Als ontwerpers bijvoorbeeld nooit van het systeembegrip gebruik zouden maken, is de waarde van het onderwijzen daarvan twijfelachtig. Overigens is het systeembegrip één van de weinige duidelijke techniekbegrippen die de 'Algemene Technologie' heeft opgeleverd. Er valt dus zelfs in die weg nog meer dan genoeg te doen om tot een serieuze 'body of knowledge' voor techniek in de onderbouw van het vo te komen.

Samenvattend: voor de toekomst van techniekonderwijs lijken de volgende zaken van belang:

- het inbedden van levenscyclusgericht kwaliteitsdenken in het techniekonderwijs;
- idem voor levenscyclusgericht milieudenken;
- de opbouw van een duidelijk gedefinieerd kennisdomein voor techniek, mede met behulp van disciplines als de filosofie van de techniek en de ontwerpmethodologie.

## 8 NOGMAALS DE DOORLOPENDE LEERLIJN

In de inleiding van deze publicatie is aangegeven dat het zou gaan om de gedachte van een doorlopende leerlijn in het onderwijs. Om aan te geven wat daarmee bedoeld wordt, is een uitwerking gegeven voor het techniekonderwijs, met relaties naar het natuurwetenschappelijk onderwijs. De indruk is daardoor wellicht gewekt dat het in deze publicatie vooral om techniek zou gaan. Qua ruimtebeslag is dat ook het geval. Maar we willen niet eerder afsluiten dan na eerst nog eenmaal overwogen te hebben wat de betekenis van een doorlopende leerlijn voor het hele onderwijs kan zijn.

De invulling van de leerlijn voor techniek heeft laten zien dat hier een zinvolle invulling mogelijk is. Gekozen was voor vier fasen: oriënteren, conceptualiseren, differentiëren en specialiseren. Door steeds de relatie met natuurwetenschappelijk onderwijs aan te geven, kon worden gesuggereerd dat voor dit onderdeel van het leerplan eveneens een dergelijke indeling mogelijk is. Het zou de deskundigheid van de auteur te buiten gaan om over andere vakken uitspraken te doen. Zijn ervaring ligt immers primair in de vakdidactiek natuurkunde en de vakdidactiek techniek. Anderen zijn competent om na te gaan in hoeverre een dergelijke fase-indeling van toepassing kan zijn op andere vakken. Mogelijk is voor andere vakken een andere indeling relevanter. Maar ook dan zou gestreefd moeten worden naar een continuïteit van basisonderwijs, via het voortgezet onderwijs (onderbouw en bovenbouw) naar het tertiair onderwijs. De meeste andere vakken hebben het voordeel dat zij al een langere traditie hebben. Techniek is, zoals we eerder zagen, tot nu toe als verplicht vak voor alle leerlingen alleen in de onderbouw van het vo ingevoerd. In het basisonderwijs wordt techniek ad-hoc gegeven. In de bovenbouw doet men eerste ervaringen op met techniek in het kader van het natuurwetenschappelijk onderwijs. Door deze gefragmenteerde en niet gelijktijdig verlopende invoering is de realisering van een doorlopende leerlijn tot nu toe onmogelijk geweest. Bij veel andere vakken ligt dit echter anders. Toch vindt de besluitvorming over onderwijsvernieuwingen per onderwijsniveau nog redelijk gescheiden plaats. In de discussie over de hervorming van de bovenbouw van havo en vwo is de relatie met de basisvorming nauwelijks betrokken geweest. Dat bemoeilijkt de realisering van de doorlopende leerlijn ook bij andere vakken. Enige rust in de hervormingen van de onderwijsstructuur is daarom wenselijk teneinde aan deze leerlijn te kunnen gaan werken. De discussie over de vakinhouden is een tijdlang weggedrukt geweest door de discussie over algemene vaardigheden. Het wordt tijd om de discussie over de vakinhouden weer aan te gaan. De vakdidactiek van de verschillende vakken is daarvoor onontbeerlijk.

Tenslotte nog iets over werkvormen. Wanneer we ons weer even beperken tot het techniekonderwijs en de situatie van enkele decennia geleden bekijken, zien we dat men leefde bij de aanname dat elke fase van de leerlijn zijn eigen werkvormen moest hebben. In het basisonderwijs werd traditioneel een redelijk rijke variatie aan werkvormen gebruikt: soms vertelde de juf of meester een verhaal, dan werkten de kinderen individueel aan een opdracht en dan weer deden ze groeps-werk. Die variatie werd beschouwd als een voorwaarde voor een goede oriëntatie. In het vo vond in de loop van de leerjaren een verschuiving plaats. In de lagere klassen werd afgewisseld tussen klassikaal onderwijs waarin theorie werd aangebracht en practica waarin leerlingen zich zelfstandig of in koppels kennis eigen maakten. In de hogere klassen nam het aandeel klassikaal theorieonderwijs toe. Bij natuurkunde hing dat samen met de toenemende abstractie van de theorie en het feit dat het eventueel houden van practica erg duur was. Voor kernfysica en quantumfysica - die voor het laatst bewaard werden - waren eigenlijk helemaal geen practicamogelijkheden. En in het tertiair onderwijs namen de hoorcolleges helemaal een groot deel van de tijd in beslag.

Het is opmerkelijk dat deze scheiding van werkvormen over de verschillende fasen van de leerlijn losgelaten lijkt te



worden. Groepswerk dringt door tot in het tertiair onderwijs toe. Blijkbaar is de variatie aan werk-vormen niet alleen goed voor de oriëntatiefase, maar ook voor de daar-op volgende fasen. Zelfs nu er nog niet echt sprake is van een bewust opgezette doorlopende leerlijn voor techniekonderwijs is die ontwikkeling zichtbaar. Bij de groeiende belangstelling voor projectonderwijs in het tertiair onderwijs is er het gevaar van doorslaan naar het andere uiterste. Die kritiek is ook wel geleverd op het Maastrichtse model en ook op het studiehuis in de bovenbouw van het vo. Het zal erop aankomen een goed evenwicht te vinden tussen de verschillende werkvormen. Hoorcolleges kunnen een nuttige rol blijven vervullen voor bepaalde doeleinden, waarvoor projectonderwijs juist minder geschikt is, en andersom. Dit geldt zeker niet alleen voor techniekonderwijs, maar voor alle onderwijs. De komende jaren zullen leren of het onderwijsveld daarin zal slagen.

## 9 VOOR WIE MEER WIL LEZEN

Hieronder volgt per hoofdstuk van deze publicatie een selectie van literatuur, met name met betrekking tot natuurwetenschappelijk en techniekonderwijs. Zowel internationale als specifiek op Nederland betrekking hebbende bronnen zijn opgenomen.

Bij hoofdstuk 2: Techniekonderwijs in ontwikkeling

Black, P.J. and Atkin, M.J. (Eds) (1996). *Changing the subject. Innovations in Science, Mathematics and Technology*. New York: Routledge.

Ploegmakers, B., Bekker-Holtland, A. en Smits, J. (red.) (1994). *Techniek in de Basisvorming: didactische handreiking voor een nieuw vak*. Bussum: Coutinho.

Ploegmakers, B. (1996). *Eén basis: techniek in basisonderwijs en basisvorming*. Vernieuwing, Jaargang 55, Nr.10, pp 27-29.

Raat, J.H. (1988). *Onderwijs in techniek* (afscheidsrede). Eindhoven: Technische Universiteit.

Vries, M.J. de (1988). *Techniek in het natuurkunde-onderwijs* (diss.). Eindhoven: Technische Universiteit.

Bij hoofdstuk 3: Oriënteren op techniek

Doornekamp, B.G. (1991). *Techniek in het basisonderwijs*. Enschede: CTO/Universiteit Twente.

Klerk Wolters, F. de (1989). *The attitude of pupils towards technology*. Eindhoven: University of Technology.

Laan, J. van der (red.) (1988). *Kind en techniek. Consequenties voor opvoeding en onderwijs*. Deventer: Van Loghum Slaterus.

Bij hoofdstuk 4: Conceptualiseren van techniek

Cheek, D. (1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. Albany, NY: State University of New York Press.

Huijs, H. (1996). *Ontwerpen en probleemoplossen in techniek*. Enschede: SLO.

McCormick, R., Murphy, P., and Harrison, M. (eds.) (1993). *Teaching and learning technology*. London: Addison-Wesley.

Vries, M.J. de (1989). *Visie op techniek*. Eindhoven: PTH/OPEN TECH.

Vries, M.J. de (1994). *Technology Education in Western-Europe*, in: Layton, D. (ed.), *Innovations in science and technology education*, Vol. V. Paris: UNESCO.

Vries, M.J. de (1996). *Techniek in veelvoud: beelden en benaderingen van een schoolvak*, *Vernieuwing*, jaargang 55, nr.10, pp 30-33.

Vries, M.J. de (1997). *Science and Technology Teacher Training: what kind of training for what type of teaching*, *European Journal of Education*, Vol.32, No.1, pp 59-73.

Vries, M.J. de (1997). *Technische systemen brengen systeem in techniek*, *Techniek-Koerier*, nr.49, pp 10-12.

#### Bij hoofdstuk 5: Differentiëren van technieken

Sarlemijn, A. (1993). *Designs are cultural alloys*, in: Vries, M.J. de, Cross, N. and Grant, D.P. (eds.), *Design Methodology and Relationships with Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Vries, M.J. de (1994). *Design methodological analyses as a tool for learning about technological developments in industrial settings*, in: Blandow, D. and Dyrenfurth, M.J. (eds.), *Technology Education in school and industry. Emerging didactics for human resource development*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.

#### Bij hoofdstuk 6: Specialiseren in techniek

Stroeken, J.H.M. and Vries, M.J. de (1995). *Learning to Deal with Social Factors as a Goal in the Education of Engineers*, *European Journal of Engineering Education*, Vol.20, No.4, pp 447-456.

Vries, M.J. de (1994). *De aansluiting bovenbouw vwo met tertiair technisch onderwijs*. *Techniek-Koerier Special 'Technologie in de Tweede Fase VO'*.

Vries, M.J. de and Stroeken, J.H.M. (1996). *Developing engineering students' research and technology assessment abilities*, *International Journal of Technology and Design Education*, Vol.6, No.3, pp 203-219.

#### Bij hoofdstuk 7: De toekomst van techniekonderwijs

Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology. The path between engineering and philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.

Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it*. Baltimore and London: John Hopkins Press.

Vries, M.J. de (1995). *Samenspel in kwaliteit: de inbedding van QFD in het geheel van kwaliteitsmethodieken*, in:

Sarlemijn, A. en Boddendijk, H. (red.), *Producten op maat. QFD als gids bij productcreaties*. Amsterdam/Meppel: Boom.

Vries, M.J. de (1996). *Milieu en duurzaamheid in techniek-onderwijs*, *Techniek-Koerier*, nr.46, pp 9-10, nr.47, pp 10-11 en nr.48, pp 8-9.

Vries, M.J. de and Tamir, A. (eds.) (1997). *Shaping Concepts of Technology: from Philosophical Perspectives to Mental Images*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Wolfgramm, H. (1994/5). *Allgemeine Techniklehre*. Hildesheim: Verlag Franzbecker.