

TERUGKOPPELING EN ONDERWIJZEN

E. M. BUTER

1. *Onderwijzen is doelgericht sturen*

Deze wellicht wat kreupel geformuleerde paragraaf-titel, geeft toch wel de essentie van elk onderwijsproces weer.

De docent tracht zijn leerlingen zodanig te manipuleren, dat zij bepaalde doelen bereiken. Daartoe oefent hij een *sturende* activiteit uit.

2 *Onderwijzen als deterministisch gedrag*

Het vorenstaande lijkt vanzelfsprekend. Het meeste onderwijs wordt echter niet expliciet volgens het proces van sturen gegeven. Tot voor kort werd er toch in het algemeen uit gegaan van een onderwijsproces dat was gebaseerd op enkele gegeven en nauwelijks variabele grootheden. Het zijn de grootheden die, generaliserend gezien, karakteristiek zijn voor de klassikale methode. Binnen dat systeem stond, in de extreme vorm dus, eigenlijk alles van te voren vast.

Zoals het niveau van de stof, de aard van de presentatie, de wijze van controleren, de wijze van selecteren voor dat systeem, de organisatie van de klas, het rooster, de vakkensamenstelling.

Indien nu de leerling maar binnen dat systeem paste was succes verzekerd. Paste de leerling niet in het systeem dan was er eigenlijk maar een weg: het systeem stoot de leerling af. Tot op de huidige dag zitten we met een schoolorganisatie die de letterlijke kenmerken van dit model nog vertoont, al zijn de opvattingen de laatste tijd wel sterk veranderd.

De wijze waarop we de selectie-methoden hanteren duidt er nog op, evenals de prognostisch getinte decisiestructuur bij de overgang.

De in de laatste tijd voor de subjectieve selectie-methodieken in de plaats schuivende test-methodieken drijven eveneens nog sterk op een deterministische gedachtengang.

De docent die leerlingen en-bloc *instrueert* gaat er onbewust vanuit dat zijn methode van lesgeven pasklaar is voor het bereiken van een van te voren vastgelegd resultaat.

Dat het falen van het systeem tot uiting komt in het accepteren van het begrip afvalpercentage – zowel naar boven als naar beneden – doet in wezen aan de zaak niets af. Hetzelfde geldt voor de algemeen geaccepteerde gewoonte om prestaties die eigenlijk alleen maar beoordeeld

mogen worden in een goed/fout systeem om te zetten in een waardeschaal van 1-10. Naarmate immers de onzekerheid over de waarde van een systeem toeneemt zullen maatregelen getroffen worden om de fouten ervan op te heffen. In ons land - maar ook er buiten - zitten we midden in dat stadium.

Mammoetwet, Scholengemeenschap, begrippen als doorstroming en kern- en keuzevakken zijn de duidelijke indicaties.

Schematisch kunnen we de situatie als volgt weergeven:



De school is hier voorgesteld als produktie eenheid.

Het produkt is de verandering die door de school in de leerling wordt bewerkstelligd.

De pijl stelt de leerling voor.

We beschouwen de school als een produktie-eenheid. De leerling gaat daarin en wordt in het systeem veranderd. De *verandering* is het produkt van het systeem. Als alles goed gaat, dan is de verandering het gewenste produkt. Zoals bekend lukt dat vaak helemaal niet zo best.

3. *Onderwijzen als stochastisch gedrag*

Meer en meer wint de gedachte veld, dat het onderwijs veel scherper naar zijn doelstellingen bepaald zou moeten worden en veel flexibeler in zijn overdrachtstechnieken zou moeten zijn.

De kleine letters in de vorige paragraaf wezen daar al op: in de huidige onderwijswetgeving speelt de wens om tot veel flexibeler vormen van onderwijzen te komen een grote rol.

De belangrijke elementen waaruit het onderwijssysteem moet worden opgebouwd vormen nu eenmaal bronnen van onzekerheden. De leerling is een variabele leerfactor: van alles wijzigt zich aan hem in soms korte tijdsbestekken. De aandacht, de motivatie, de leerintentie, de leermogelijkheid en de fysieke eigenschappen wisselen constant. Een zelfde redenering geldt voor de docent en voor het algemene milieu.

Toch zullen in deze variabele toestand de gedragingen van zowel docent als leerling een zeker verband vertonen met de aard en de inhoud van het onderwijsdoel. Dit verband is echter geen lineair en direct causaal verband.; er is hoogstens een zeer duidelijke correlatie.

Die correlatie kan vaak slechts bijzonder uiterlijk zijn. De fysieke aanwezigheid van een leerling onder het gehoor van de docent zegt nog niets over de leerintentie of de motivatie.

Voor vele onderwijsvernieuwers is deze reeks van opmerkingen natuurlijk niet nieuw. Veelal echter was de argumentatie waarop zij hun veranderende en flexibelere systemen steunden intuïtief en vaak sterk gericht op het kind of op de aanvechtbaarheid van onderwijssystemen die *passief* zijn. Deze argumentatie is echter aanvechtbaar: stel dat de passieve methode nu eens bij 100% van de leerlingen precies de resultaten had opgeleverd die we ons wensten. Dan was hij goed geweest.

In feite kunnen we op grond van de resultaten van het onderwijs geen nauwkeurige uitspraak doen over de kwaliteit van dat onderwijs, juist omdat er zoveel factoren die onzeker zijn bij een dergelijk oordeel betrokken zijn.

Het kan haast niet anders of een bepaalde hoeveelheid passief georiënteerd onderwijs zal zin hebben. Groepsonderwijs zal naast individueel onderwijs waarschijnlijk evenveel recht van bestaan hebben. Eénrichtingsverkeer in de informatie naast discussieles zijn beiden nodig.

In de experimentele situatie kunnen we natuurlijk een bepaalde vorm van didactische techniek een tijdlang rigoureuus toepassen, en vervolgens trachten deze techniek te evalueren. Dat is dan ook veel gedaan, met name ook in ons land. (16,28)

Daaruit komt echter ook de conclusie, dat zelfs in die situatie, ja juist in die situatie de *onberekenbaarheid* van de bij het lesgeven betrokken elementen zo groot is.

De steen der wijzen in de didactiek: dat is het voorschrift, of nog beter het recept is dan ook niet te verwachten. Wel kunnen in de naaste toekomst een reeks van goed geanalyseerde didactische technieken als hulp-middel tegemoet zien. Hulpmiddelen die eventueel een optimale les onderwijsmogelijkheid dichterbij kunnen brengen. (16.17)

Een onderwijspatroon, een reeks lessen bijvoorbeeld, of een reeks van opgebouwde gedragsregels, moeten we dus beschouwen als een proces waarvan het doel vrij goed bekend is, maar waarvan de methodieken betrekkelijk onvolkomen zijn. In dat geval kunnen we spreken van een stochastisch systeem.

3.1 Doelgericht handelen in een onzekerheidssituatie

Het systeem docent-leerling-milieu probeert een bepaald doel te berei-

ken. Dit doel zal wellicht voor de leerling een andere inhoud hebben, dan voor de docent(16,12). In een niet-flexibel systeem zal er stilzwijgend vanuit worden gegaan, dat de eigenschappen van het systeem zonder meer het gewenste resultaat zullen opleveren.

In een systeem dat als stochastisch wordt geaccepteerd zal getracht worden van moment tot moment „te meten” in hoeverre de richting waarin de processen verlopen afwijkt van de gewenste. Het uiteindelijk doel is daarbij de evaluatie-norm.

Typische voorbeelden daarvan vinden we terug in de enkele protocollen die we in ons land nu hebben van discussies tussen leerling en docent in zogenaamde leergesprekken. Uit het verloop van dergelijke gesprekken blijkt telkens dat de docent zich oriënteert op het gestelde doel, en dat ook de leerlingen soms informeren naar de kwaliteit van hun resultaten.

Hoe meer een docent kans heeft gezien om zijn doelen-op-korte-termijn te definiëren – en wel zodanig dat ze vertaald zijn in verifieerbaar eindgedrag – hoe meer deze tussentijdse controlerende handelingen waarschijnlijk zullen optreden.

4. *Het onderwijsmodel als basis*

Eerder schreef ik reeds over de relatie tussen het onderwijsmodel en onderwijspraktijk. (12) Op dat moment kende ik de Curriculum Onderzoekingen in de V.S. nog maar net. (11, 13) Intussen is er veel gebeurd. De ontwikkelingen in de geprogrammeerde onderwijstechnieken, de longitudinale leerstofplanning onderzoeken, het Jena-plan in ons land, de groepsdiscussie-voorschriften, en de leerstofanalytische benaderingen wijzen allen in dezelfde richting: er is sprake van een modelsituatie die wordt opgebouwd op grond van een aantal wenselijkheden. Binnen deze modelsituatie moet dan het concrete onderwijs zijn vorm verkrijgen.

In die modelsituatie kunnen allereerst leerstofdoelen een rol spelen. Daarnaast gedragsdoelen. Vervolgens kunnen overwegingen van technologische een economische aard een invloed hebben. Levensbeschouwelijke en pedagogische overwegingen leveren tenslotte normerende be- grenzingen en oefenen een gerichte selectieve werking uit.

Evenals in het traditionele onderwijs speelt in het model de *globale programmering* een grote rol. Immers: zonder een zeker onderwijsplan is nauwelijks tot gericht onderwijzen te komen.

Het denken over de noodzaak om tot een flexibele aanpak te komen binnen een vastgesteld model, heeft ertoe geleid dat de globale pro-

grammering een veel scherpere analyse heeft ondergaan. Een analyse waarin bijvoorbeeld niet alleen de inhoud van de leerstof in een samenhangende volgorde wordt vastgelegd, maar ook de wijze waarop deze leerstof moet functioneren. Ook typische gedragspatronen die kenmerkend zijn voor een bepaalde wetenschap worden in de programmering opgenomen.

Het is onmogelijk om in kort bestek op deze ontwikkelingen in te gaan. BLOOM' KRAHTWOHL en andere hebben t.a.v. de doelstellinganalyse baanbrekend werk verricht. (7, 8), SCHWAB in verband met de globale programmering (29). In vele gevallen leiden deze onderzoeken tot een volledige herstructurering van de leerstof. De doelanalyse dwingt de leerplanopbouwers om gehele stukken van de traditionele leerstof als irrelevant te erkennen; terwijl geheel nieuwe delen moeten worden ingevoegd.

In 1963 tracht BUTER in een onderzoek een reeks van de vorenstaande overwegingen toe te passen bij de opbouw bij een model waarbinnen leergesprekken plaats moesten vinden.(16)

Achteraf blijkt dit een model van zeer beperkte aard te zijn. Het toont echter enkele aspecten die kenmerkend zijn voor de onzekerheids-situatie bijzonder duidelijk. Het was daarmee waarschijnlijk het eerste onderzoek in ons land dat een relatie legde tussen de onderwijsprocessen en de wetenschap van de sturing (cybernetica). Eerder is de noodzaak tot toepassing van het terugkoppelingsprincipe al gesteld in een artikel over de diagnose in het onderwijs.(14)

Fundamenteel voor elke situatie waarin we met zeer grote onzekerheden te maken hebben, en waarbij toch een norm gehandhaafd moet worden of waarbij een doel moet worden bereikt is het verschijnsel dat we sturing noemen. Voor een dieper inzicht in deze materie moeten we verwijzen naar de specialistische literatuur (9,34). Kort geschreven komt sturen hierop neer, dat processen worden geregeld op grond van de waargenomen afwijking van de norm.

Voorbeeld: Een fietser rijdt nooit een rechte baan. Hij slingert een beetje. Telkens als hij dreigt te ver van de norm af te geraken (bijv. door omvallen, te veel uit de koers gaan, te langzaam rijden) regelen zijn zintuigen de spieren bij. Zij regelen bij op grond van de waargenomen afwijkingen van de gestelde norm. (Zie voor een ander voorbeeld 14 en 18).

5. *Het begrip terugkoppeling*

Het begrip terugkoppeling is nauwelijks nieuw te noemen, voor kenners van allerlei processen in bijvoorbeeld de elektronica. In feite is daar het eerst de naam terugkoppeling gebruikt.

Het heeft echter lang geduurd, voordat het begrip ook een meer algemene erkenning kreeg. Allerlei verschijnselen, die nu onder deze term thuis horen, werden vroeger als geheel gescheiden verschijnselen gezien en bestudeerd.

In de voorafgaande paragraaf werd het begrip benaderd door het te vergelijken met bijsturen.

Het is echter van belang om deze uitleg wat nader te détailleren met het oog op het onderwijzen.

In het volgende schema komt het terugkoppelingsschema het best tot uiting:



In deze figuur de primitieve voorstelling van de terugkoppeling bij het onderwijzen. Het produkt leidt tot een ingrijpen in het onderwijsproces dat de basis is voor de produktie-eenheid.

De leerling komt – als in de vorige figuur – de school binnen. In dit systeem echter heeft de erkenning van de onhoudbaarheid van de deterministische structuur er toe geleid, dat *bijsturen* in de organisatie van het onderwijzen zal worden opgenomen.

In het onderwijsproces worden allerlei methodieken gehanteerd die leiden tot een wijziging van de leerling. Aan het einde van het proces is de wijziging weer te beschouwen als het product van het onderwijsproces (het onderwijzen).

Nu komt echter de belangrijke stap. Er wordt onmiddellijk nagegaan in hoeverre het waargenomen product overeenstemt met de gestelde norm. Indien een afwijking wordt waargenomen dan trachten onmiddellijk het systeem zo te wijzigen dat de afwijkingen gecorrigeerd worden. (De pijl terug geeft deze invloed aan.)

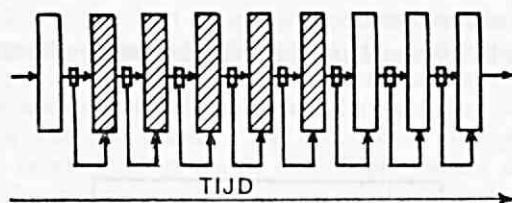
Nu is dit een heel primitieve voorstelling van zaken. Immers: als de school in zijn totaliteit als productie-eenheid wordt gezien, zal een bijsturen niet bevredigend werken.

5.1.1. Bij een vijfjarige school zal een ingreep op het begin van het proces samenhangen met een proces waarvan het begin vijf jaar later

ligt. Alle kans dus, dat bijregelende maatregelen niet op vigerende situatie van toepassing zijn.

5.1.2. De leerlingen op grond waarvan de maatregelen worden genomen, zullen daarvan zelf niet profiteren.

Het schema zal dan ook gewijzigd moeten worden, om tot een beter model te komen.



Een wat justere voorstelling van het terugkoppelproces bij het onderwijzen. De achterelkaar liggende rechthoekjes stellen kleine gedeelten uit het in de tijd verlopende onderwijsproces voor. Deze delen zijn *ongeveer* gelijk van kwaliteit. Het resultaat van een voorafgaand stukje onderwijs beïnvloedt echter de kwaliteit van het erop volgende gedeelte. Let op de wijze waarop hier de pijlrichting van de terugkoppeling staat aangegeven, vergeleken met figuur 2.

We hakken de gehele producerende unit in mootjes. Elk mootje stelt een onderdeel van het proces voor. De aard van deze processen laten we nog even rusten. (Ze kunnen in feite aan elkaar gelijk zijn, of kwalitatief verschillend.)

Per mootje wordt nu de eventuele afwijking van de norm uitgangspunt voor ingrijpen en wijzigen.

Het zal waarschijnlijk zonder verdere uitleg wel duidelijk zijn, dat naarmate het mootje kleiner kan worden gemaakt – dat wil zeggen naarmate de tijdsduur tussen aanzet van het proces en bijregeling kleiner wordt, een relevanter ingrijpen kan worden bewerkt. Bovendien kan in de meeste gevallen *dezelfde* leerling van de bijsturing profiteren, omdat van dag tot dag *dezelfde* onderwijsprocessen zullen optreden en veel materiaal herhaald zal worden.

5.2. Repetities, overgang en terugkoppeling

Er wordt wel eens gedacht dat de overgang een wat grof terugkoppelingsmechanisme is. In de meeste gevallen is dit onjuist. De leerling die blijft *zitten* wordt immers niet in een aan *zijn* afwijkingen van de norm aangepast systeem geplaatst. In tegendeel, hij komt in *hetzelfde* systeem. Hij moet het overdoen binnen een deterministisch kader.

Repetities kunnen er wat dichter bij komen, tenminste wanneer ze snel worden nagekeken en de bespreking zo uitvoerig is, dat iedere leerling precies die uitleg krijgt die eventuele ongewenste afwijkingen opheft.

5.3 *Terugkoppeling is continu*

Ook de repetities kunnen echter niet beantwoorden aan een juiste terugkoppelingssituatie. Immers bijsturen is een continu verloopend verschijnsel. Meestal komen de repetities zo traag dat de bijsturing een schoksgewijze effect heeft en vaak niet meer relevant is voor het gedrag van de leerling op het moment dat de repetitie wordt teruggegeven met commentaar.

Het is goed om op dit moment weer aan de fiets te denken. Het wiel wordt niet zo nu en dan eens even bijgedraaid. Integendeel, vrijwel onbewust, stuurt de berijder tegen elke dreiging tot afwijken van de norm in. Practisch op het moment van het ontstaan van de afwijking zelf. Slechts de traagheid van het systeem maakt dat de fiets een zekere schommelende stuurbeweging laat zien.

Zou het bijsturen te laat komen, dan zijn kwalitatief geheel andere maatregelen nodig om alsnog tot het gestelde doel te geraken. (Na het vallen; opstaan, fiets oprapen etc.).

Het is ook begrijpelijk: repetitie en test komen voort uit een deterministische gedachtengang. Daarin spelen *wel* controle en selectie een rol, maar *continu* ingrijpen *niet*.

6. *Terugkoppeling en onderwijzen*

Er zijn processen genoeg in het huidige onderwijs te vinden waar de terugkoppeling reeds uitvoerig wordt toegepast. Weliswaar niet in optimale vorm, maar wel als duidelijk herkenbaar principe.

6.1 *Contrôle methodieken als vormen van terugkoppeling*

Er zijn vele docenten die tijdens het verloop van een les vragen op de leerlingen afvuren, of korte opdrachten laten uitwerken. Op grond van de resultaten die ze bij leerlingen waarnemen gaan ze weer verder met de les, daarbij hun informatie en methode afstemmend op de waargenomen resultaten.

Bij traag verloopende onderwijsprocedures – bijv. het inoefenen van taalgebruik – kan de wekelijks terugkerende oefening en contrôle in de klas tot terugkoppeling leiden. Indien de docent zich door de resul-

taten laat verleiden tot anders gerichte aanpakken. Daar is echter vaak een zo uitvoerige analyse van de resultaten voor nodig, dat het er zelden van komt.

6.2 *discussietechnieken, cybernoëgenese*

Soms het ideaal benaderende vormen van terugkoppeling bij groeps-
onderwijs vinden we bij de toepassing van leergesprekken en discussie-
vormen.

Voorwaarde is echter dat dan de discussie aan ten minste twee eisen
voldoet:

6.2.1. er moet een duidelijk leerdoel zijn, dat als norm kan dienen
Eventueel moeten er een reeks in de tijd achter elkaar komende leer-
doelen zijn.

6.2.2 de docent moet de discussie zodanig gebruiken, dat hij de
uitingen van de leerlingen gebruikt om zijn discussie naar vorm en in-
houd onmiddellijk op die uitingen af te stemmen. (Dat is dus *bijrege-*
len)

Zeer vele discussies voldoen niet aan deze opzet. Het louter inventari-
seren bijvoorbeeld van een onderwerp, iets wat klassikaal veel gedaan
wordt is daarmee nog niet een discussie in meer cybernetische zin. Een
discussie die slechts gebruik maakt van de opmerkingen van de goede
leerlingen voldoet evenmin aan die eisen.

In de theorie van de cybernoëgenese (16) vinden we een uitvoerig mo-
del opgebouwd – op grond van de analyse van een reeks leergesprek-
ken – waarin principeel *de afwijking* van de norm (dat is het gestelde
leerdoel) continu het uitgangspunt is voor bijsturen van het onderwijs-
proces.

Daarbij blijkt ook, dat een doel op langere termijn soms herleid moet
worden tot een reeks tussendoelen.

Bij het fietsen geldt bijvoorbeeld, dat het reisdoel een veraf gelegen doel
is. Er is echter een opsplitsing in een reeks tussendoelen, zoals straten,
hoeken, pleinen e.d. Het gehele gedrag van de fietser wordt door al
deze hiërarchisch verschillend belangrijke doelen bepaald. Het *reisdoel* ver-
andert *niet*. Maar de weg erheen kan – al rijdende – om tactische reden-
nen nog worden veranderd: vanwege verkeersknopen bijvoorbeeld.

Het gedrag van de leerling leidde tot het opbouwen en formuleren van
zulke tussendoelen.

6.3 *Het zoekende element als onderdeel van terugkoppelen*

Kenmerkend voor vele van deze discussies is de zoekende wijze waarop de docent tracht zijn bijsturende aanpak te realiseren. Dit is begrijpelijk: veelal is van een bepaalde benadering niet te voorspellen wat het resultaat zal zijn. Proberen, wat wijzigen, weer eens proberen, leidt wellicht tot een wat optimaler en sneller te verkrijgen onderwijsresultaat.

„Al doende leert men” is kennelijk een basisformule voor een dergelijk discussietechniek.

Men moet zich goed realiseren, dat dit zoeken een reflexief gebeuren is op het eigen handelen en het gedrag van de leerling tijdens het onderwijsproces.

Het is zelden het analyseren van een reeks testresultaten of repetities die slechts periodiek worden afgenomen. (vergelijk 5.3 en 6.1.)

6.4 *Positieve en negatieve terugkoppeling*

Tot nu toe werd aangenomen dat terugkoppeling zonder meer betekende bijsturen van onderwijsproces om een zo goed mogelijk onderwijsresultaat te behalen.

Het karakter van een dergelijke terugkoppeling is in het algemeen dat de invloed van het bijsturende onderwijzen tegengesteld is aan de manier waarop de afwijking bij de leerling tot stand komt. We spreken dan wel van tegenkoppeling of negatieve terugkoppeling. (negatieve feedback)

De vraag doet zich daarbij voor of er ook sprake kan zijn van positieve terugkoppeling bij het onderwijzen; m.a.w. van invloeden die een ongewenste afwijking nog versterken.

Het lijkt niet onmogelijk dat er in het gedrag van de docent t.a.v. de leerlinggroep inderdaad versterkende elementen kunnen optreden. Daarbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan een reactie op leerling A, die door leerling B. wordt meebelusterd. Voor leerling A. is de reactie remediaal, d.w.z. gericht tegen de gemaakte fout. B. interpreteert echter het antwoord tegen een geheel andere achtergrondinformatie. Men zou kunnen veronderstellen dat „gespreksflarden” voor sommige leerlingen averechts werken. Dit betreft dan van door de docent onbewust uitgeoefende invloeden.

Het kan ook bewust gaan. Indien een docent te maken heeft met een zeer slechte leerling die hij toch nog wat wil motiveren kan hij hem een pluimpje geven voor een werkstuk. Ook al is dat werkstuk op zich beneden de maat. De leerling kan dat interpreteren als een pluim voor

zijn werk als geheel. De *afwijkingen* van de norm zijn immers niet in het geding gebracht. Wat dit voor gevolg kan hebben laat zich slechts raden.

Dit zijn slechts een paar suggesties. Het lijkt echter zinvol om eens nader te onderzoeken of er veel positieve terugkoppelingen mogelijk zijn in een flexibel georganiseerd onderwijs.

Tot zover hebben we getracht een globale inventarisatie te geven van terugkoppeling als verschijnsel binnen het vertrouwde onderwijspatroon.

Ontwikkelingen na ongeveer 1950 hebben de aandacht van onderzoekers veel bewuster gericht op de mogelijkheden van de incorporatie van terugkoppeling in de onderwijstechnieken.

De cybernetica werd een modeverschijnsel. Het was eenvoudig onontkoombaar om – bij een bespreking van de cybernetica – niet ook het woord onderwijs te laten vallen. Dit was gunstig, omdat dit katalyserend kon werken op onderwijsmensen die door het mode-aspect heen konden zien. (9)

Een tweede invloed ging uit van de definitieve erkenning dat onderwijs alleen gebaat kan zijn, bij les activiteiten die *bij elke* leerling een optimaal resultaat nastreven.

Een derde invloed ging uit van de technici. Bij technische opleidingen komen reeksen handelingen voor, die bijzonder gemakkelijk te vertalen zijn in analoge elektrische impulsen. Deze mogelijkheid maakt het snelle bijregelen gemakkelijk. De aandacht voor het feedbackprincipe in het onderwijs ontstond daar vrijwel vanzelf. (30, 18)

Een vierde invloed was van meer negatieve aard. De verschillende psychologische richtingen – test-psychologie, skinner-psychologie, en denkpsychologie – konden geen van allen duidelijke voorschriften geven voor een optimaal werkend onderwijssysteem. Vanuit deze negatieve benadering ontstond een veel gerichtere aandacht voor de diverse vormen van onderwijzen. Daaruit voortkomende analyses leidden tot geheel andere wijzen van benadering, waarin de terugkoppeling een belangrijke rol speelt. (30)

7.1 *Met beperkte hulpmiddelen*

Daaronder vallen de reeds eerder genoemde discussietechnieken. BUTER, VAN HIELE en PRINS, (16,28) leveren voorbeelden van terugkoppel-elementen in de toegepaste lestechnieken. We kunnen zeggen dat we hier te maken hebben met in enkele gevallen volledig gestuurde discussies. Tot op zekere hoogte krijgt iedere leerling de kans om

langs eigen weg het leerdoel te bereiken. Omdat we hier nog te maken hebben met de beperkingen van de gebrekkige contrôle op iedere leerling afzonderlijk is het duidelijk dat naar perfectionering is gezocht.

Deze methodieken hebben echter belangrijke gegevens verschaft over de noodzakelijk opbouw van perfectere organisatievormen. De reden daarvan is, dat in de protocollen de gesprekken van de leerlingen zijn vastgelegd. Analyse daarvan leert hoe gevarieerd verschillende leerlingen op gelijke probleemsituaties reageren. Kennis die voor het opbouwen van leerstofsequenties zeer noodzakelijk is.

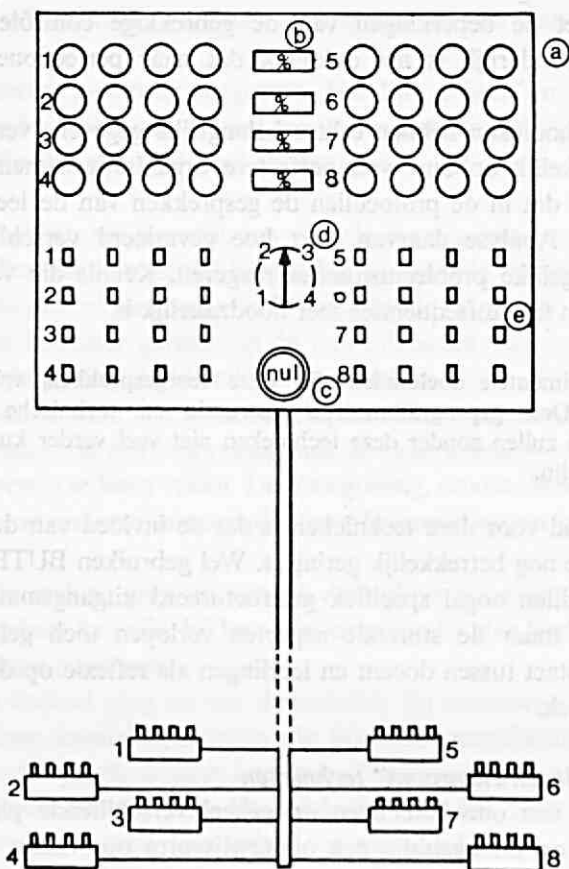
Voor experimentele doeleinden zijn deze leergesprekken vrijwel onvervangbaar. Ook geprogrammeerde instructie en technische informatie-apparaturen zullen zonder deze technieken niet veel verder kunnen komen dan zij nu zijn.

Kenmerkend voor deze technieken is dat de invloed van de onderwijs-technologie nog betrekkelijk gering is. Wel gebruiken BUTER en VAN HIELE beiden nogal specifiek gestructureerd uitgangsmateriaal (leermiddelen), maar de sturende aspecten verlopen toch geheel via het directe contact tussen docent en leerlingen als reflexie op de materiaalproblematiek.

7.2 „Feedback-classroom” technieken

Een reeks van ontwikkelingen op geheel verschillende plaatsen ingezet, levert op dit ogenblik een onderwijsvorm op waarin terugkoppeling soms optimaal kan worden toegepast. Terwijl daarnaast contact tussen docent en leerlingen continu kan worden gehandhaafd. In navolging van HOLLING (23) spreken we van feedback-classroom.

Voor een Hollandse term zou ik liever terugkoppeling vermijden. Omdat vele moderne ontwikkelingen terugkoppelingaspecten vertonen. De werkwijze van de apparatuur blijkt uit het volgende schema:



Schematische voorstelling van een „feedback-classroom”. In dit schema voor 8 leerlingen. Iedere leerling heeft een eigen station (genummerd 1 t.m. 8). Daarop kan een keuze worden gemaakt uit een multiple choice vraag door middel van een van de vier selectieknopjes. Als resultaat een corresponderend lampje op het paneel branden a). Een teller registreert per lampje het aantal keren dat het aan is geweest (e). Per beurt registreren de percentage-meters de verhoudingen b). Bij iedere vraag moet de docent van te voren het goede nummer instellen met behulp van knop d). Aan het begin van elke lesperiode moeten alle tellers op nul worden gesteld (c).

Indien een multiple-choice vraag aan de leerlingen is voorgelegd — per overhead-projector bijvoorbeeld — registreert het apparaat onmiddellijk van elke leerling de reactie. Dit gebeurt op verschillende wijzen:
 a per leerling gaat het lampje branden dat correspondeert met het keuzeknopje door hem ingedrukt.

De docent kan dus op zijn paneel onmiddellijk overzien *wie* niet juist reageerde.

b per vraag wordt het percentage van de antwoorden goed en fout aangegeven, of ook wel de percentage-verdeling over de vier mogelijkheden.

De docent krijgt hierdoor informatie over de waarde van zijn vragen of van zijn onderwijs.

c per leerling is een teller aanwezig die zijn totaal goede antwoorden registreert over een lesperiode.

De docent krijgt hier een indruk in de individuele ontwikkeling van het prestatieniveau van de leerling.

De toepassing van dergelijk apparaat is velerlei. Allereerst in normale klassikale lessen. In plaats van de traditionele overhoring leert de docent zijn les met multiple-choice vragen (deze zijn van tevoren in grote hoeveelheid voorbereid).

Afhankelijk van de reacties van de leerlingen *past* de docent *zijn* les aan. Zijn er individuele leerlingen die te sterk gaan afwijken, dan is een tijdelijk uit de groep wegnemen van deze leerling geboden. Deze krijgt dan een aparte remediale les, (of gaat naar een andere groep wanneer de school daartoe is ingericht).

Voor onderzoeksdoeleinden is deze apparatuur eveneens geschikt. Zo kunnen we de apparatuur gebruiken voor het evalueren van vragen in testen of voor schakels en schakelreeksen in geprogrammeerde instructies.

De apparatuur biedt mogelijkheden bij de opbouw van een veel flexibeler onderwijs. Immers: het opbouwen van z.g. „homogene groepen” op basis van de test is bijna ondoenlijk. Met deze apparatuur kan echter desnoods van dag tot dag de samenstelling van de leerling groep worden aangepast en gewijzigd. VAN DE GRIEK in ons land, de Hongaren KOVÁCKS en TERÉNYI in Boedapest en HOLLING in Engeland deden op dit gebied experimenteel werk. Philips levert een prototype onder de naam „answer-calculator” waar BUTER enkele malen mee experimenteerde. (21, 23, 24a, 35)

De ervaringen zijn in het algemeen gunstig. Als bijzonder voordeel wordt gevoeld dat de zwakheden in de eigen didactiek onmiddellijk aan de kaak worden gesteld.

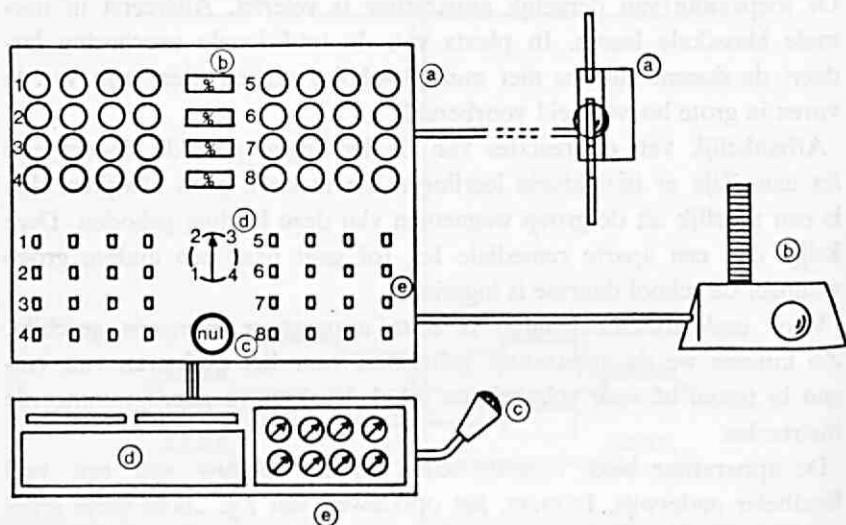
Verder leert de docent van les tot les een optimaler samengestelde presentatie te bereiken. *Daarnaast is er de niet te onderschatten dwang om een reeks van testvragen bij de hand te hebben, die op de eigen doelstellingen gericht zijn.* Dit structureert de lespresentatie veel

meer dan tot nu toe eigenlijk mogelijk was. Het dwingt de docent ook tot een veel dieper gaande reflexie op de doelen van zijn onderwijs. Iets wat deze apparatuur gemeen heeft met ander systemen waarin het leermiddel een integraal onderdeel van de presentatie van de leerstof is (montessori-methodieken, geprogrammeerd onderwijs).

7.2. Automaten met terugkoppel mogelijkheid

Het is mogelijk om een gestandaardiseerde informatie – bijvoorbeeld gebonden aan bandrecorder en automatische diaprojectoren – te verbinden aan een zekere mate van terugkoppeling.

Dit geschiedt als volgt. (Zie schema)



Een schema van een geheel automatische informatie eenheid, voorzien van mogelijkheid tot terugkoppeling.

Het grote paneel heeft dezelfde functies als het paneel in figuur 4. De vragen komen echter niet van de docent, maar van de automatische dia-apparatuur b). De verschillende impulsen die alles moeten regelen bevinden zich op een van de sporen van de bandrecorder (d). De bandrecorder levert ook gesproken tekst en stuurt zo nodig de filmprojector (a). Paneel (e) bevat alle schakelaars die noodzakelijk zijn om het noodzakelijk programma op band op te nemen (in de vorm van allerlei impulsen voor het sturen van de verschillende presentatievormen).

Centraal is hierbij de taperecorder. De band bevat ten eerste de gesproken teksten. Daarnaast bevat de band echter impulsen waarmee toegevoegde apparatuur gestuurd kan worden. (Automatische diaprojectie, film, eventueel speciale technische apparatuur en leermachi-

nes) Aangesloten op deze zelfde apparatuur is echter de antwoordapparatuur van het type uit de vorige paragraaf.

Een groep leerlingen volgt nu de informatie die via de apparatuur wordt gegeven. Regelmatig wordt echter een relevante multiple choice vraag geprojecteerd. De leerlingen reageren en het apparaat registreert.

Nadat ook de laatste leerling uit de groep heeft gereageerd loopt de apparatuur weer door. De aanwezige docent kan nu op grond van de registratie gegevens ingrijpen. Of door herziening van het ingesproken programma, óf door aanvulling óf door apart nemen van leerlingen. Bij een tijdelijke homogenisering van de groep loopt de apparatuur autonoom verder. De docent heeft dan alle aandacht vrij voor remediale werkzaamheden. Een in Nederland wel te bezichtigen systeem vinden we in de Edex-apparatuur van Raytheon. (24)

7.3 *Geprogrammeerd onderwijs en terugkoppeling*

Lineaire vormen van geprogrammeerde instructie bieden weinig mogelijkheid tot terugkoppeling. De opvatting dat de voortdurende confrontatie van de leerling met het goede antwoord op de schakel terugkoppeling zou inhouden is onjuist. Terugkoppeling is immers een informatie die samenhangt met een *geconstateerde* afwijking van de norm. In vertakte programma's vinden we daarvan nog wel iets terug. Indien een leerling op een bepaalde vraag meerdere keuzen heeft, en op grond van zijn antwoordselectie door het programma wordt verder gestuurd kunnen we zeggen dat er een zekere terugkoppeling is.

Er is echter een geheel andere terugkoppel mogelijkheid bij de toepassing van geprogrammeerde instructie die nog te weinig wordt toegepast.

Het is heel goed mogelijk om de leerlingen korte programma's te laten doorwerken. De docent loopt tijdens de les rond en is beschikbaar voor vragen en hulp. Vluggere leerlingen kunnen aparte oefeningen doen. Na verloop van tijd geeft de docent een groepsles, waarin allerlei problemen nog eens worden besproken. Dit zijn dus verschillende vormen van bijsturing. Afhankelijk van de discussies wordt nu overgegaan tot de volgende programmeringsperiode. Naarmate er meer programma's ter beschikking staan zal de docent zijn leerling meer op hun individuele behoeften afgestemde teksten kunnen geven.

Dit is een tendens die in Engeland duidelijk zich ontwikkelt. Daar zijn de vele korte programma's voor lager en middelbaar onderwijs tekenend voor (1, 31, 32).

7.4 *Simulatie-spelen of beslissingsspelen*

Een zeer snelle ontwikkeling maakt op het ogenblik door een aanpak waarbij relevante redeneringen uit leerstof worden ingebed in een spel-situatie. Om tot winst te komen moet de leerling de regels en redeneringen goed toepassen.

Voor economisch onderwijs zijn deze aanpakken wel bekend. Daarbij denken we vooral aan de echte beslissingsspelen: in een computer of in een uitvoerig handboek zijn alle spelregels en nodige calculaties opgeborgen. Teams gaan nu op grond van bepaalde uitgangsgegevens bijvoorbeeld een marktspel spelen. Alleen toepassing van de geleerde theorie kan tot een winstpositie leiden.

De teams zitten geïsoleerd, ze verkopen, kopen, produceren, maken reclame, doen aan marktanalyse etc. De computer of een centrale leiding zet hun acties om in een puntental dat is gebaseerd op zo realistisch mogelijke marktmodellen. De student in de economie wordt op deze wijze gedwongen zijn theoretische kennis functioneel te gebruiken. De ervaring leert dat teams daarbij zeer snel tot beter gebruik van kennis komen.

De terugkoppeling is hierbij te danken aan de informatie die zij terugkrijgen over de resultaten van hun activiteiten, vergeleken met die van hun team concurrenten. (19, 33)

Boeiend is nu de ontwikkeling die daarbij aansluit op geheel andere terreinen.

De algemene redenering is als volgt: Overal waar sluitende, formele redeneringen een rol spelen, moet het mogelijk zijn deze in een spel-in te bouwen. Zelfs al lijken de regels op zich nog niet zinvol dan kan toch het spel reeds een zekere vaardigheid in het hanteren van de regels opleveren. (Schaken is evenmin zinvol, wat de regels betreft)

Vooraan in deze ontwikkeling staat onderzoek onder leiding van ALLEN (6). Aan de Yale University ontwikkelde hij met een reeks medewerkers een spel waarin de regels van de formele logica functioneel zijn toegepast. Het z.g. WFF'n Proof spel. (spreek uit woef'n proef).

Dobbelstenen bevatten de verschillende noodzakelijke symbolen. Enkele irrelevante spelregels dwingen de spelers om op grond van de gegooide symboolcombinaties tot winstredeneringen te komen.

Deze spelen zijn geprogrammeerd. De *eenvoudigste* spelen eisen nog zulke geringe kennis van de logische relaties dat kinderen op de lagere school de spelen kunnen doen. Via een oplopen in moeilijkheid — programmering van de moeilijkheidsniveaus — in vijftientig trappen wordt een spel bereikt waarin volledige bewijsvoering en omzetting

van beweringen in symbolen noodzakelijk is om een winstkans te hebben. (4,5)

Op dezelfde wijze is *rekenen* omgezet in een spel, evenals de *verzamelingenleer*; beide voor lagere school niveau (2,3).

In het algemeen is de structuur van het spel als volgt: speler A. gooit een bepaalde symboolcombinatie (via dobbelstenen). Deze wordt nu uitgangspunt voor een te bewijzen uitspraak.

Via een reeks spelregels wordt nu uit achtereenvolgende gegooide combinaties getracht de redenering op te bouwen die de uitspraak bewijst. Speciale regels maakt het mogelijk dat spelers elkaar kunnen dwarszitten. De bijdrage van elke speler in de bewijsvoering is gebonden aan speciale puntentellingen.

In alle gevallen is de terugkoppeling gerealiseerd door de reacties van de andere spelers op de eigen gedragingen. Voor de begeleidende docenten is een uitvoerige handleiding ter beschikking, ten einde de programmering op de juiste wijze door te zetten.

Het blijkt uit de ervaringen die men tot nu toe heeft, dat leerlingen deze vorm van onderwijs waarderen, het blijkt ook dat ze elkaar vaak beter hun fouten kunnen uitleggen, dan de docent dat kan. In een aantal scholen onderwijst men op deze wijze in de laagste klassen van de lagere school de beginregels van rekenen, logica en algebra in de vorm van klassecompetities (26).

Voor zover ik nu kan beoordelen is de uitleg voor de docenten nogal moeilijk, maar de wijze waarop de spelen voor de leerlingen wordt ontwikkeld bijzonder eenvoudig.¹

De programmering van het logica-spel is zodanig uitgevoerd dat de eenvoudigste vormen op de lagere school gespeeld kunnen worden, de moeilijkste in de lagere regionen van de universiteit.

7.5 Technische scholing en terugkoppeling

Bij de technische scholing speelt het directe contact met de apparatuur voor de leerlingen een grote rol. Daarin moet een zekere vaardigheid worden verkregen. In een reeks van gevallen kan daarbij met succes het terugkoppelprincipe gebruikt worden. Daartoe *simuleren* we de situatie waarin de leerling komt wanneer hij de apparatuur moet bedienen. We spreken van *simulatietraining*. De leerling krijgt nu een reeks van opdrachten te vervullen die gradueel en kwalitatief langzaam wijzigen en in moeilijkheid oplopen.

Informatie over de in dit artikel genoemde spelen te verkrijgen bij C. van Wijk, Stichtstraat 9, Amsterdam-Zd.

De apparatuur is zogemaakt, dat de bedieningsmanipulaties van de leerling worden gecontroleerd door een computer. Indien fouten worden gemaakt treden alarmsignalen in werking *en de opdrachten worden onmiddellijk aangepast.*

Deze situatie is zo gemakkelijk te realiseren omdat

- a. technische situaties aan betrekkelijk gemakkelijk te standaardiseren normen zijn te binden,
- b. een reeks van modelsituaties gemakkelijk is op te bouwen.

In dergelijke trainingen kunnen ook storende invloeden in de programmering worden opgenomen. De opleiding tot piloot is tegenwoordig gebonden aan de toepassing van dergelijke vluchtnabootsende apparaturen. (Flight-simulation, zie 30)

7.6 De bijdrage van de computer

De computer heeft het grote voordeel dat complexe gegevens snel verwerkt kunnen worden. Bij de realisatie van terugkoppeling in het onderwijs kan dit – in de toekomst – een belangrijk hulpmiddel zijn. We kunnen in de computer allerlei denkmodellen opslaan. Voor de meeste exacte vakken is dit mogelijk, voor meer statistisch gefundeerde vakterreinen zoals economie kunnen we het model completeren met normen voor grenswaarden en daarop gebaseerde beslissingsleutels.

De leerling die nu in het krijt treedt tegen de computer wordt door de computer geëvalueerd op grond van de aard en de frequentie van zijn fouten. Afhankelijk daarvan fourneert de computer steeds moeilijker opdrachten, gebonden aan steeds complexere modellen (19, 18)

7.7 Milieusturing

Velen schrikken nog enigszins van de inschakeling van de technologie in het onderwijs. Maar het gaat hier toch meer om de intensiteit, dan om de kwaliteit van deze inschakeling.

Reeds lang kenden we in het onderwijs verschijnselen die in wezen geheel gelijk zijn aan de simulatietraining, de beslissingsspelen en de computer-modellen.

Het nagemaakte winkeltje waarin een kind voor het eerst leert om geld, getal en ruilen in functionele zin te gebruiken demonstreert één van de oudste principes uit het onderwijs. Het is opbouwen van een omgeving waarin de leerling wordt gestuurd in de richting die wij graag willen. Die omgeving verschaft de noodzakelijke terugkoppelingen op de foutieve handelingen van het kind.

We spreken wel van *milieusturing* (13)

Daarmee zijn we de kringloop rond: we begonnen bij het vertrouwde en we eindigen ermee. Alleen: de benadering is intussen radicaal gewijzigd.

De grote verdienste van WIENER is geweest, dat hij in zijn cybernetica onverzoenlijk lijkende aspecten uit het denken heeft kunnen integreren. Het normatieve denken dat in de opvoeding zo'n grote rol speelt is moeilijk te vangen in de exacte schemata en redeneringen die een exact opgebouwde wetenschap eist.

De pedagoog en de didacticus stelden vaak eisen die voor een onderwijzer dat „per minuut” verder rolt nauwelijks te vertalen zijn: althans niet in systemen die deterministisch van aard zijn.

De toepassing van de terugkoppeling als richtsnoer stelt daartegenover een reeks van geheel anders georiënteerde maatregelen, die flexibel van vorm zijn en van moment tot moment de normvergelijking basis maken voor het voortlopen van het onderwijsproces.

In dit artikel is getracht om – met voorbijgaan van de praktische consequenties voor de schoolorganisatie – enkele aspecten van het onderwijzen in het licht van deze terugkoppeling wat nader te verduidelijken.

1. AUSTWICK; KENNETH – Simultaneous equations. (London, 1963).
2. ALLEN; LAYMAN E. en Peter Kugel and Martin F. Owens. Onsets. The game of set theory (New Haven, 1966).
3. ALLEN; LAYMAN E. – Equations; The game of creative mathematics. (New Haven, 1966).
4. ALLAN; LAYMAN E. – WFF'N Proof. The game of modern logic (New Haven, 1966).
5. ALLEN; LAYMAN E. en R. B. S. Brooks, J. W. Dickoff, P. A. James – The All-Project (Accelerated Learning of Logic). American Mathematical Monthly 68⁵, 497 (1961).
6. id. – Games and the learning of problem solving skills. The MFF'N Proof example. The J. o. Ed. Res. 60¹, 22 (1966).
7. BLOOM B. S. – Taxonomy of educational objectives I (New York, 1959).
8. id. – Krathwohl; D. R. – en Masia; B. B. – Taxonomy of educational objectives II (New York, 1964).
9. BOK; S. T. – Cybernetica (Utrecht, 1958).
10. BUTER; E. M. – De didactiek van formele structuren bij het onderwijs in de biologie. Vakblad voor biologen, j anuari (1964).
11. id. – Biological Science Curriculum Study. Onderwijskundig Studiecentrum Amsterdam (1964).
12. id. – Het onderwijsmodel als basis voor het onderzoek van de didactiek Paed. Stud. 41, 161 (1964).
13. id. – Academie en Natuurwetenschappelijk Onderwijs. Universiteit en Hogeschool 12⁵, 358 (1966).

14. id. – Didactiek en diagnose.
Paed. Stud. 37, 172 (1959).
15. id. – Biologiebrief no. 3. Onderwijskundig Stud. Centr. A'dam.
16. id. – Cybernoëgenese I en II (Groningen, 1963).
17. id. – Het plaatje in het onderwijs. Med. Werkgr. voor Documentatie materiaal 2, 6 (1959).
18. id. – Teleaccusus, schriftelijke begeleiding bij de reeks Geprogrammeerde Instructie (1966, 1967) Delft.
19. DUCKWORTH; W. E. – Wat is operationele research? (Ned. Vert., Utrecht, 1964).
20. FR; E. B. – Wat is geprogrammeerde instructie? (Ned. vert., Rotterdam).
21. GAINES; B. R. – Teaching machines for perceptual motorskills. in: Aspects of Educational Technology (London, 1967).
22. GRAZIA; A. DE – en Sonn; D. A. – Revolution in teaching (New York, 1964).
23. HOLLING; K. – The Feedback Classroom. Programmed Learning 1, 17 (1964).
24. KOOPMAN EN CO – Catalogi en brochures EDEX-apparaat.
- 24a: KOVACS; M. en L. Terény I in: Aspects of Educational Technology (London, 1967).
25. I.B.M. – Automatisering van het onderwijs. Kwartaalschrift 2³, (1966).
26. Nova Academic Games Project, Ft. Lauderdale (Florida, 1966).
27. POST; P. – Herbart herleeft – maar differentiatie krijgt voor oudere kinderen meer kansen. Schoolblad, 2, 176 (1967).
28. HIELE-GELDOF D. V. – De didactiek van de meetkunde in de eerste klas van het V.H.M.O. (Utrecht, 1957).
29. SCHAB; JOSEPH – Biology Teachers Handbook (London, 1963)
30. SMITH; K U. en Marg. Folz Smith. – Cybernetic Principles of learning and educational design. (New York, 1966).
31. THORNHILL; P. – Earth in orbit (London, 1962, Geprgr. tekst).
32. UNWIN; D. – Kinematics (London, 1964, GEprgr. tekst).
33. WILLAMS; J. D. – Speltheorie (Ned. Vert. Utrecht, 1966).
34. WENER; H. – Cybernetics (New ork, 1948).
35. V. D. GRIEK – Mondelinge mededeling (werkgroep Gestuurd Leren. Afd. Leraarsopl. Universiteit v. Amsterdam).

Gegevens over de auteur

Dr. E. M. Buter is als wetenschappelijk hoofdmedewerker verbonden aan het Pedagogisch-Didactisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam; afdeling Leraarsopleiding.

Zijn aandacht is de laatste tijd vooral gericht op onderzoek en ontwikkeling van de mogelijkheden die koppeling van didactische theorie en onderwijstechnologie bieden. Publiceerde in enkele bladen over Geprogrammeerde Instructie, Onderwijstechnologie, en Curriculum Onderzoek. Leidt werkgroepen van Universitair zowel als Middelbaar niveau voor structurering van overdrachts proces met behulp van toepassing van G.I. en leermiddelpakketten.