

De natuurwetenschappen in het Sovjet-onderwijs

III – Didactische vernieuwingen*)

A. J. TREFFERS

Biologisch Centrum Rijksuniversiteit Groningen

Samenvatting

Over de vernieuwingen in de didactiek die in dit artikel zijn besproken, kunnen, in relatie tot hetgeen in de artikelen I en II is gezegd, de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- Het experiment van Fedorova op het gebied van de integratie van de natuurwetenschappen en het invoeren van het leerboek 'Kennis der natuur' van Skatkin kunnen als een begin van een ontwikkeling worden beschouwd die tot doel heeft, door het accentueren van de interdisciplinaire betrekkingen binnen het gebied van de natuurwetenschappen, het natuurwetenschappelijk denken en handelen een plaats te geven in het middelbaar onderwijs.
- Naar verhouding wordt bij de onderwijsvernieuwing in de Sovjet-Unie meer nadruk gelegd op het probleem-gericht onderwijs, dan op het uitwerken van de mogelijkheden om met behulp van de resultaten van leerpsychologische onderzoekingen conventionele onderwijsvormen te verbeteren.
- Uit de vakdidactische literatuur, althans die welke betrekking heeft op het onderwijs in de biologie, valt niet af te leiden dat die aspecten van het probleem-gericht onderwijs die als de meest kenmerkende ervan beschouwd kunnen worden, zich hebben ontwikkeld op basis van leerpsychologisch onderzoek. Wel krijgt men de indruk dat, hoewel verscheidenen auteurs zich

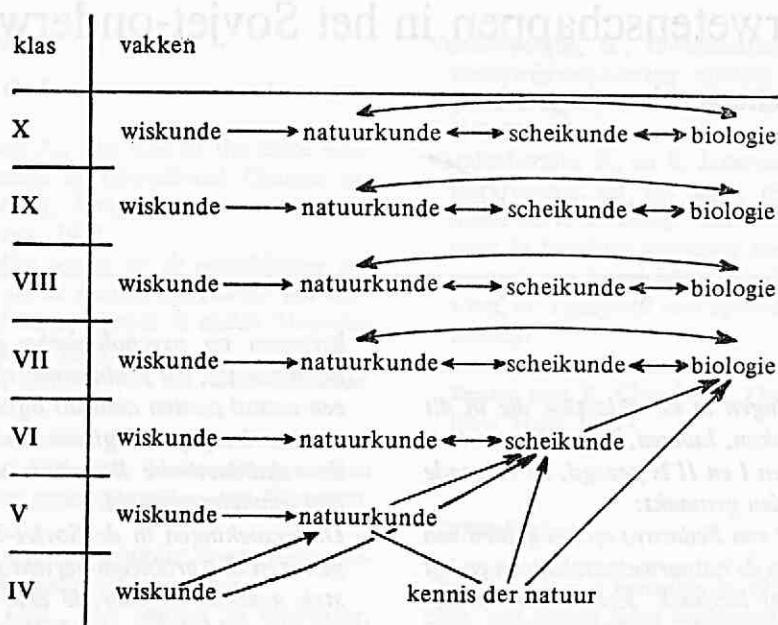
beroeven op psychologische gegevens uit de jaren veertig, het probleem-gericht onderwijs op een aantal punten aansluit bij de resultaten van recente leerpsychologische onderzoekingen. In de vakdidactische literatuur wordt dit echter niet expliciet vermeld.

- Onderzoekingen in de Sovjet-Unie hebben uitgewezen dat probleem-gericht onderwijs bij uitstek geschikt is voor de drie hoogste klassen van de middelbare school. Voor de lagere klassen kan het een belangrijke functie vervullen bij het onderwijs aan de meest intelligente leerlingen.
- Het invoeren van probleem-gericht onderwijs kan een bijdrage leveren tot het opheffen van de in artikel II vermelde tekortkomingen; met name kan probleemgericht onderwijs tot gevolg hebben, dat de natuurwetenschappelijke methode van onderzoek in een meer gedifferentieerde vorm in het onderwijs aan de orde komt en dat het accent dat op dit moment ligt op het gebied van feiten, begrippen en definities, verlegd wordt naar een, cognitief gezien hoger niveau.

1. Inleiding

In dit artikel wordt aandacht geschonken aan twee aspecten van het onderwijs in de natuurwetenschappen in de Sovjet-Unie. In de eerste plaats aan een poging tot integratie van de vakken natuurkunde, scheikunde en biologie. In de tweede plaats aan het streven om door middel van probleem-gericht onderwijs de leerlingen tot grotere activiteit te brengen. Wat het laatste punt betreft is de beschrijving zo algemeen mogelijk gehouden; alleen zijn de voorbeelden gekozen

* Art. 1 [P.S. 1974 (51) 144–156] gaat over de kenmerken van het onderwijs en de leerprogramma's voor de natuurwetenschappen. Art. 2 [P.S. 1974 (51) 172–184] handelt over leerboeken, handleidingen en toetsen.



Overzicht 1. Schema van de coördinatie van kennis der natuur, natuurkunde, scheikunde, biologie en wiskunde (naar Fedorova).

uit het gebied van de biologie, dit wegens gebrek aan gegevens over de andere natuurwetenschappen.

De onderstaande beschrijving is hoofdzakelijk gebaseerd op artikelen die zijn gepubliceerd in *Biologija v škole* (Biologie op school) en *Sovetskaja Pedagogika*. Beide tijdschriften worden uitgegeven onder verantwoordelijkheid van de Academie van Pedagogische Wetenschappen (A.P.N.), het instituut dat o.m. de modernisering van het onderwijs coördineert (zie Delhaas, 1971). Behalve van Russische bronnen is bij het schrijven van dit artikel veelvuldig gebruik gemaakt van enkele artikelen die in *Pedagogische Studiën* zijn verschenen en van de publikaties van Van Parreren c.s. over de ontwikkelingen in de Sovjet-psychologie.

2. Integratie

Op drie scholen in de Sovjet-Unie is geëxperimenteerd met geïntegreerd onderwijs in de

natuurwetenschappen. In totaal waren bij dit onderzoek 24 klassen betrokken (zie Fedorova, 1971). Doel van het experiment was te komen tot een leerplan voor de natuurwetenschappen waarin:

- de complexiteit van het te bestuderen object of fenomeen toeneemt,
- de verwantschap van de verschillende natuurwetenschappen tot haar recht komt,
- de wetenschappelijke begrippen elkaar logisch opvolgen,
- de band tussen natuurwetenschap en wiskunde optimaal is.

De eerste voorwaarde, de toename in complexiteit, is een duidelijke reactie op een situatie die nog steeds bestaat (verg. artikel I, Overzicht 2).

Tot voor kort werd begonnen met biologie, een vak waarmee, gezien de complexe hoedanigheid van de objecten en fenomenen, volgens Fedorova pas later moet worden aangevangen. Het vernieuwen van het programma voor het vak kennis der natuur, waardoor het vak in de

vierde klas een meer algemeen natuurwetenschappelijk karakter heeft gekregen, is een eerste stap in de door Fedorova voorgestelde richting.

De drie andere voorwaarden waaraan het leerplan voor de natuurwetenschappen moet voldoen, vloeien voort uit de *interdisciplinaire betrekkingen* die er binnen het gebied van de natuurwetenschappen en de wiskunde bestaan. Deze interdisciplinaire betrekkingen, die in het artikel van Fedorova een zeer centrale plaats innemen, kunnen volgens haar van verschillende aard zijn. Zij maakt onderscheid tussen betrekkingen van chronologische aard en betrekkingen die het gevolg zijn van een structurele of inhoudelijke verwantschap.

De chronologische relaties hebben zowel op de historische ontwikkeling van begrippen en theorieën betrekking, als op het – niet historisch gebonden – afleiden van gecompliceerde natuurwetenschappelijke begrippen en theorieën uit minder gecompliceerde concepties die gevormd zijn binnen de verschillende disciplines.

Relaties van structurele en inhoudelijke aard kunnen volgens Fedorova de overeenkomsten zijn die bestaan tussen bepaalde feiten of theorieën, maar ook de eenvormigheid in bewijsvoering en theorievorming.

Op grond van deze overwegingen komt Fedorova tot een sterk geïntegreerde opzet van het onderwijs in de wiskunde en de natuurwetenschappen (zie Overzicht 1).

Fedorova besluit haar verslag met te vermelden dat integratie volgens het door haar opgestelde plan, zeer wel mogelijk is en op de experimenterscholen tot goede resultaten heeft geleid. Aan invoering ervan op grote schaal zijn volgens haar echter grote bezwaren verbonden. Integratie van de natuurwetenschappen op de middelbare school vereist het opstellen van totaal nieuwe leerplannen en programma's, het ontwerpen van nieuwe leermiddelen, coördinatie van de leerangen biologie, scheikunde en natuurkunde, en het overbrengen van een complex van begrippen vanuit de wetenschappelijke sfeer naar de wereld van de school.

3. *Probleem-gericht onderwijs*

3.1 *Definitie*

Uit de artikelen van Rebrova, Murtazin, Brunovt, Skatkin, Maksimova e.a. kan worden afgeleid dat in de Sovjet-Unie voor probleem-gericht onderwijs (*problemnoe obučenie*) ongeveer de volgende omschrijving van kracht is:

Probleemgericht onderwijs is een *benadering* binnen de didactiek van de natuurwetenschappen, waarbij volgens een bepaalde *methode* – de leerlingen zelfstandig problemen en opgaven laten oplossen – getracht wordt een aantal *algemene onderwijsdoelen* te realiseren. Drie kenmerken dus die hieronder elk afzonderlijk nader worden besproken.

Probleem-gericht onderwijs is een *benadering*. In plaats van de term probleem-gericht onderwijs gebruikt men in de Sovjet-Unie vaak het begrip probleem-gerichte benadering. Een benadering van wat? Van het kind, van de didactiek, van het doceren van een vak, van het onderwijs als geheel; waarbij dan vaak wordt opgemerkt dat de probleem-gerichte benadering één van de mogelijkheden is naast de vele andere die er bestaan.

Probleem-gericht onderwijs is een *methode*. Aan de leerlingen worden vragen en opgaven voorgelegd die zijn gerezen in wat men noemt een probleemsituatie, en waarvan het oplossen door de leerlingen geschiedt onder leiding van de docent, met gebruikmaking van eerder verkregen kennis.

In de didactische literatuur worden met betrekking tot het probleem-gericht onderwijs verschillende termen door elkaar gebruikt. Men komt begrippen tegen als probleem-vraag, zoek-vraag, op zoeken gerichte vraag, op kenactiviteiten gerichte vraag, leer-probleem, opgave, vraagstuk e.d. Uit deze opsomming blijkt dat het gaat om wat in de Angelsaksische literatuur genoemd wordt een *inquiry-problem*, een begrip dat evenals de Russische equivalenten, moeilijk door

een gelijkwaardige Nederlandse term te vervangen is.

Probleem-gericht onderwijs wordt tenslotte gegeven met een bepaald *doel*. Wanneer wij de doelstellingen zoals die door bovengenoemde auteurs vermeld worden, naast elkaar leggen, dan zien wij dat zij elkaar slechts gedeeltelijk dekken.

In grote lijnen zijn de auteurs het er echter over eens dat probleem-gericht onderwijs, naast het verschaffen van kennis, tot doel heeft:

- het ontwikkelen van mentale operaties, zoals het uitvoeren van analyses en syntheses, vergelijken, abstraheren, generaliseren en concluderen
- het activeren van en richting geven aan ken- en denkprocessen
- enige vaardigheid ontwikkelen in het verkrijgen van kennis
- het ontwikkelen van vaardigheden, zoals het kunnen werken met boeken, tabellen, grafieken e.d.
- het zelfstandig ontdekken, formuleren en oplossen van problemen

Murtazin, die het meest gedetailleerd is in zijn beschrijving van het probleemgericht onderwijs, voegt hieraan o.m. nog toe:

- de zelfopvoeding van de leerlingen
- het ontwikkelen van de creativiteit
- het in verband brengen van het rationele met het emotionele
- het ontwikkelen van interesse

Met betrekking tot het ontwikkelen van mentale operaties en het activeren van kenprocessen merken Brunovt en Anisimova op dat hieraan in het onderwijs nauwelijks aandacht geschonken wordt. Te weinig worden volgens hen in de les de kenactiviteiten (*poznatel'nye dejatel'nosti*) van de leerlingen gestimuleerd. In plaats daarvan wordt reproductief werken verlangd. De vragen die in de leerboeken gesteld worden, hebben volgens deze auteurs een controlerend karakter. Een door Brunovt en Anisimova

verricht onderzoek heeft uitgewezen dat 70% van de vragen die in het tot voor kort gebruikte boek van Garib'jan, 'Anatomie en fysiologie van de mens', gesteld worden, reproductie van kennis eisen. Bij het thans in gebruik zijnde leerboek van Cuzmer is dit percentage iets lager, maar nog steeds wordt volgens beide onderzoekers te weinig het belang ingezien van generaliseren, vergelijken e.d.

In artikel II van deze serie, waarin een analyse van leerboeken en handleidingen is beschreven, wordt onder de punten 2.5 en 4.2 een overeenkomstige conclusie getrokken.

3.2 *Leerpsychologische achtergrond*

Men krijgt de indruk dat er een kloof bestaat tussen enerzijds de natuurwetenschappelijke onderzoekers die zich met de vernieuwing van het onderwijs in hun vak bezighouden en anderzijds de leerpsychologen en onderwijskundigen. Dit geldt in ieder geval voor het biologieonderwijs.

Poljanskij bijvoorbeeld, redacteur van 'Algemene Biologie', het leerboek dat in de hoogste klassen van de middelbare school gebruikt wordt, bespreekt in 'Biologija v škole' de principes die aan het leerboek ten grondslag liggen, zonder met een woord te reppen over de vraag of bij de samenstelling van het boek resultaten van recent leerpsychologisch onderzoek een rol hebben gespeeld. Evenmin geven de leerpsychologen uit de school die door Van Parreren en Carpay als de meest belangrijke beschouwd wordt, concreet uitgewerkte voorbeelden op het gebied van de natuurwetenschappen, aan de hand waarvan de resultaten van leerpsychologische onderzoekingen binnen de muren van de school terechtkomen. Tevergeefs zoekt men in 'Biologija v škole' naar artikelen die handelen over het toepassen van de theorieën van Landa over algoritmen (zie Pedagogische Studiën 1970, pag. 293-307) of van Šechter over simultane identificatie (zie Van Parreren en Carpay, 1972, pag. 135 e.v.), ideeën die althans binnen het biologieonderwijs zeer wel toepasbaar zijn. Ook Gal'perin gaat het biologie-

onderwijs uit de weg. Nergens beantwoordt hij de vraag welke concrete handelingen binnen dit onderwijsgebied geschikt zijn om, volgens het door hem ontwikkelde, trapsgewijs opgebouwde leerproces, tot mentale handelingen te worden omgevormd (zie Overzicht 2). Gedeelten van deze *interiorisatie-hypothese* zijn, zoals we nog zullen zien, terug te vinden in het probleem-gericht onderwijs, hoewel nergens in expliciete vorm.

Wanneer het gaat om de psychologische achtergrond van probleem-gericht onderwijs, beroepen verschillende auteurs zich op Rubiņštejn (1889-1960), en wel op diens werk *Osnovy psichologii*.

Levina vermeldt een passage uit de uitgave van dit boek uit het jaar 1940, waarin Rubiņštejn volgens haar beweert '... dat zich tijdens verschillende soorten van concrete handelingen psychologische processen ontwikkelen' (Levina, 1973). Mjačina en Murtazin citeren beiden een uitspraak van Rubiņštejn die voorkomt in de uitgave van 1946, en waarin gezegd wordt '... dat het denken van de mens begint wanneer de noodzaak tot het begrijpen van iets zich voordoet; dat het denken gewoonlijk aanvangt met een tegenstrijdigheid, met verwondering of verbazing; dat door probleemsituaties de persoon betrokken wordt in het denkproces dat altijd gericht is op het oplossen van een of ander probleem' (Mjacina, 1970; Murtazin, 1971).

Betekent dit dat het probleem-gericht onderwijs gebaseerd is op psychologische gegevens uit de jaren veertig of bestaat er ook een betrekking tussen deze vorm van onderwijs en meer recente leerpsychologische onderzoeken? Het antwoord op deze vraag is af te leiden uit de volgende overwegingen.

In het hierboven weergegeven citaat van Levina is de *interiorisatie-gedachte* terug te vinden die een centrale plaats inneemt in de leerpsychologische school van Vygotskij-Gal'perin (zie Van Parreren en Carpay, 1972, pag. 29 e.v.).

Volgens Gal'perin worden mentale handelingen uit materiële handelingen gevormd tijdens een trapsgewijs opgebouwd leerproces (zie

Overzicht 2). Skatkin, auteur van het in deel I en II van deze serie artikelen besproken leerboek 'Kennis der natuur' en van een aantal onderwijskundige publikaties (zie o.a. Vos, 1969), bestrijdt deze gedachte niet, maar stelt dat de door Gal'perin beschreven ontwikkeling niet de enige weg behoeft te zijn waarlangs mentale handelingen gevormd kunnen worden (Skatkin, 1970). Als bezwaren van de door Gal'perin uitgewerkte methode noemt hij:

- De leerlingen krijgen kennis voorgezet in kant en klare vorm.
- Het hele proces van cognitief handelen wordt gedetermineerd en met behulp van voorbeelden uitgevoerd.

Dit heeft volgens Skatkin tot gevolg dat de denkactiviteit en de zelfstandigheid van de leerlingen verminderen, de vorming van het vermogen tot generalisatie onderdrukt wordt en de leerlingen slechts in beperkte mate in staat zijn tot overdracht van het geleerde op een andere situatie.

De uitspraak van Rubiņštejn die Mjačina en Murtazin aanhalen, kan als een uitvloeisel worden gezien van de *Marxistisch-Leninistische hypothese* over de ontwikkeling van psychische functies. In deze hypothese komt de gedachte voor dat tegenstrijdigheid de basis is van kennisverwerving. Dit kan bijvoorbeeld zijn de tegenstrijdigheid tussen verschillende opvattingen ten aanzien van een bepaald probleem, of het conflict tussen de verklaring die een persoon had voor een bepaald verschijnsel en de feiten die op hem afkomen. Rebrova formuleert het aldus: '... Kinderen nemen kennis op wanneer ze niet meer tevreden zijn met de kennis die zij hebben' (Rebrova, 1971).

Verschillende auteurs, met name die welke genoemd zijn bij de beschrijving van de definitie van probleem-gericht onderwijs, wijzen op de betekenis van de leraar bij deze vorm van onderwijs. Het formuleren en oplossen van problemen behoort volgens hen te geschieden onder leiding van de docent. Dit sluit aan bij de theorie van

VOLWAARDIGE MENTALE HANDELINGEN

kenmerken:

- ze zijn inzichtig; ze hebben betrekking op relevante eigenschappen van het object
- ze zijn algemeen; ze zijn toepasbaar in uiteenlopende situaties
- ze kunnen bewust worden voltrokken
- ze zijn controleerbaar
- ze worden met grote snelheid voltrokken

5. *verkorting tot mentale handeling*
denken aan de handeling
4. *voor zichzelf spreken*
bewuste gecontroleerde verkorting, deelhandelingen blijven samenhangen
3. *hardop formuleren van de handeling*
werken met verbale symbolen i.p.v. met materiaal; de formulering wordt handeling
2. *materiële handeling begeleid door hardop spreken*
de handeling is concreet en uitvoerig
1. *oriënteringsfase*
explicitering van doel, verloop en volgorde; van middelen en objecten; van controle

parameters

niveau
(materieel - verbaal - mentaal)

graad van uitvoerigheid
(verkortingen)

graad van generalisatie

mate van beheersing

Overzicht 2. De trapsgewijze opbouw van het leerproces volgens Gal'perin; ontwikkeling van volwaardige mentale handelingen in vijf fasen, waarbij verandering plaatsvindt op vier parameters.

Samengesteld m.b.v. gegevens van Gal'perin en Van Parreren c.s.

Gal'perin, en wel bij diens gedachte dat het onderwijs zich vooral moet richten op dat gebied van kennis en intellectuele vermogens dat de leerlingen zich eigen kunnen maken met hulp van de leraar. Gal'perin noemt dit gebied de *zone van de naaste ontwikkeling* (verg. Van Parreren en Carpay, 1972, pag. 23 e.v.).

Zowel de voorstanders van het probleem-gericht onderwijs als de vertegenwoordigers van de leerpsychologische school van Gal'perin hechten grote waarde aan de aanvangskennis die de leerling moet bezitten voor het verwerven van meerdere kennis en de ontwikkeling van mentale vermogens. Gal'perin spreekt in dit verband over een *oriënteringsbasis* (verg. Gal'perin, 1972). Deze oriënteringsbasis kan verschillend van structuur zijn. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- een onvolledige oriënteringsbasis; in dat geval berust het leren gedeeltelijk op 'trial and error',
- een volledige oriënteringsbasis met kant en klaar uitgereikte handelingsschema's; het onderwijsleerproces is dan gericht op zeer specifieke vermogens,
- een volledige oriënteringsbasis die de leerlingen zelf moeten opbouwen na analyse van de opgave en van het materiaal waarmee gewerkt wordt; het onderwijsleerproces is in dit geval niet op specifieke vermogens gericht, maar op het leren toepassen van verwante handelingen onder verschillende omstandigheden (verg. Van Parreren en Carpay, 1972, pag. 42 e.v.).

Het zelfstandig verzamelen van gegevens op basis waarvan een opgave bij probleemgericht onderwijs kan worden opgelost, sluit aan bij de laatste genoemde oriënteringsbasis.

Volgens Skatkin is er in de loop van de geschiedenis een kloof ontstaan tussen het onderwijs en het dagelijks leven van de mens. De oorspronkelijke toestand, waarin kinderen alles imiteren wat hun ouders of andere volwassenen doen, heeft plaats gemaakt voor de situatie waarin kinderen niet meer aanwezig zijn bij het werk van de volwassenen en de opvoeding wordt overgelaten aan speciaal daartoe opgeleide per-

sonen. Het gevolg hiervan is, dat – we maken gebruik van de Marxistisch-Leninistische terminologie – het bewustzijn niet langer een weerspiegeling is van de wereld waarin het kind leeft, maar daarvan vervreemd raakt. Het onderwijs heeft onder meer tot taak deze kloof te overbruggen door die vragen, problemen en opgaven aan de orde te stellen die de leerlingen ook ontmoeten buiten de school (Skatkin, 1970).

Mede om deze reden behoort volgens de voorstanders van probleem-gericht onderwijs de *toepassing* van hetgeen geleerd wordt ook tijdens het leerproces centraal te staan, en niet alleen – hierin schuilt de kritiek op de theorie van Gal'perin – aan het eind daarvan, wanneer de eis tot transfer gesteld wordt. Men krijgt de indruk dat bij het probleem-gericht onderwijs het al of niet toepasbaar zijn voorop staat bij de selectie van onderwerpen die in het onderwijs aan de orde moeten komen, en dat bij het trapsgewijs opgebouwde leerproces vooral de didactische kwaliteit van het onderwerp van belang is: de bijdrage die het onderwerp levert tot de vorming van mentale handelingen.

3.3 *Probleemsituatie en probleem*

Bij de bespreking van de psychologische achtergrond van het probleem-gericht onderwijs is gezegd dat tegenstrijdigheid het uitgangspunt kan vormen voor het leerproces. Volgens Mur-tazin zijn er nog andere probleemsituaties te creëren die het begin kunnen vormen van probleem-gericht onderwijs. Deze zijn weergegeven in een overzicht (Overzicht 3).

De vraag die zich nu opdringt, is: 'Aan welke voorwaarden moet een opgave of een probleem voldoen om een *inquiry-problem* te zijn in de zin die er door de voorstanders van probleem-gericht onderwijs aan gegeven wordt?' (verg. 3.1)

Volgens Konovalenko behoren de problemen die een moeilijkheid van praktische of theoretische aard kunnen bevatten, aan de leeftijd van de leerlingen te zijn aangepast, van de leerlingen inspanning en denkwerk te verlangen, aanwezige

Probleemsituatie	Probleem
1. De leraar stelt een vraag over het thema dat aan de orde is.	Welke onderdelen heeft een bloem?
2. De leraar stelt een vraag over de resultaten van een demonstratie.	Vergelijk de resultaten van het experiment met die van de controleproef en verklaar de verschillen.
3. De leraar brengt een paradoxale tegenstelling naar voren tussen bepaalde feiten en de heersende voorstelling hieromtrent.	Bij het met de hand wassen werken de handen het hardst, maar de lendenen doen pijn. Hoe komt dat?
4. De leraar haalt twee citaten aan die elkaar tegenspreken.	Aan de leerlingen wordt gevraagd de opvattingen van Linnaeus en Darwin met betrekking tot het begrip soort te vergelijken en uit te maken wie gelijk heeft.
5. De leraar toont een tekening of een foto aan de leerlingen en stelt hierover vragen.	De leraar laat een afbeelding zien van Archacopteryx en vraagt aan de leerlingen bij het dier kenmerken van verschillende vertebratengroepen aan te wijzen en op basis daarvan een hypothese op te stellen over de afstamming van vogels.
6. De leraar gaat in op vragen van de leerlingen.	Tijdens een les over regenwormen worden door de leerlingen vragen gesteld als: 'Waarom heet het dier zo?', 'Waarom komt het dier na een regenbui aan de oppervlakte?' en 'Hoe haalt het dier adem?'
7. De leraar richt zijn les zo in, dat de leerlingen gedwongen worden zelf vragen te stellen.	Bij een les over kikkerlarven bereikt de leraar het punt waarop de viskenmerken van de larve genoemd worden. Dan stelt hij de vraag: 'Welke problemen roept dit bij jullie op?'

Overzicht 3. Enkele mogelijkheden voor het scheppen van een probleemsituatie en het stellen van problemen. Samengesteld m.b.v. gegevens van Murtazin

kennis te mobiliseren en hypothesen en voorstellingen op te roepen (Konovalenko, 1971).

Murtazin stelt naast deze eisen nog enkele andere. Volgens hem dienen de problemen van dien aard te zijn dat ze interesse bij de kinderen opwekken, dat ze informatie bevatten die richting geeft aan het zoeken van de oplossing, dat ze informatie bevatten die richting geeft aan het zoeken van de oplossing, en dat ze bij het oplossen ervan een gevoel van voldoening geven (Murtazin, 1971).

Konovalenko, Brunovt, Murtazin en Švanderov stellen allen dat het niveau van de vraagstelling van probleem tot probleem kan verschillen. Švanderov geeft voorbeelden van vijf didactische werkvormen die, gezien vanuit het standpunt

dat voorstanders van probleem-gericht onderwijs innemen, van niveau verschillen op het punt van de eisen die ze stellen aan de zelfstandigheid van de leerlingen. Als hoogste niveau beschouwt hij de aanpak waarbij de leerlingen zowel de vragen formuleren als oplossen (Overzicht 4).

De ervaring van Brunovt is dat ook binnen deze niveaus problemen van verschillende zwaarte kunnen worden onderscheiden. Zo beschouwt hij bij het maken van vergelijkingen het vergelijken van concrete objecten, zoals cellen, weefsels, skeletten e.d., als eenvoudiger dan het vergelijken van fysiologische processen en verschijnselen. Binnen het gebied van het maken van vergelijkingen ziet hij de vergelijking van zowel bouw als functie, bijvoorbeeld van arteriën en venen of

<i>didactische werkvorm</i>	<i>voorbeeld van een onderwerp</i>
5. de leerlingen stellen vragen en beantwoorden deze	genetica, variabiliteit
4. de leraar vraagt; de leerlingen beantwoorden de vragen	milieufactoren van een organisme
3. de leraar stelt de vragen; de beantwoording geschiedt door leraar en leerlingen	vogeltrek
2. de leraar stelt vragen en beantwoordt ze zelf	ontstaan en ontwikkeling van de organische wereld
1. de leraar vertelt; er komen geen vragen aan de orde	biografische gegevens van een onderzoeker

Overzicht 4. Verschillende niveaus die kunnen worden onderscheiden bij probleem-gericht onderwijs. Samengesteld m.b.v. gegevens van Švanderov.

van leucocyten en erythrocyten, als de moeilijkste opgave.

3.4 Het oplossen van problemen en vragen

De tijd die door leraren die volgens de methode van het probleem-gericht onderwijs werken, aan het oplossen van problemen en vragen besteed wordt, varieert sterk. Soms is een gedeelte van een les, soms een hele les, soms zelfs een aantal lessen nodig om een bepaald probleem op te lossen. Het eerste is meestal het geval met problemen die in de lagere klassen aan de orde komen, het laatste vooral met de opgaven voor de hogere klassen (verg. 3.5).

Voor het oplossen van problemen noemt Murtazin verschillende mogelijkheden. De uitvoerige bespreking die hij hieraan wijdt, is samengevat in een overzicht (Overzicht 5). Vergelijken wij dit overzicht met dat van de didactische werkvormen (zie deel II, Overzicht 7), dan zien we dat lang niet alle didactische werkvormen die in de handleidingen voor leraren

voorkomen, door Murtazin worden aangewend bij het probleem-gericht onderwijs. We kunnen hieruit de conclusie trekken dat men bij de didactische vernieuwing in de Sovjet-Unie met het oplossen van de vraag op welke manier oude werkvormen een plaats in het nieuwe onderwijs kunnen krijgen, nog maar nauwelijks begonnen is. Opvallend is ook dat slechts één nieuwe didactische werkvorm aan de oorspronkelijke lijst van mogelijkheden is toegevoegd, namelijk het zelfstandig uitvoeren van experimenten door de leerlingen.

Meer dan aan de andere, door Murtazin genoemde didactische werkvormen, wordt in de literatuur aandacht geschonken aan het door de leerlingen uitvoeren van experimenten. Wanneer Mjačina, Bel'skaja, Konovalenko en Murtazin schrijven dat het oplossen van problemen in etappes behoort te geschieden, doelen zij voornamelijk op een methode waarbij een natuurwetenschappelijk experiment wordt ingeschakeld. De etappes die de bovengenoemde auteurs voorstellen, zijn in een overzicht naast elkaar geplaatst (Overzicht 6). Duidelijk valt uit dit over-

mogelijkheden voor het oplossen van problemen en opgaven	voorbeelden ontleend aan het biologie-onderwijs
demonstratie van concrete objecten	dieren, planten of hun afbeeldingen bestuderen
demonstratie van experimenten door de leraar	het aantonen van de opname van stoffen door de cel het bepalen van de samenstelling van zaden het opwekken van reflexen bij een kikker het veranderen van arterieel bloed in veneus bloed
zelfstandig experimenten uitvoeren	de samenstelling van zaden bepalen zetmeel in aardappels aantonen de hartspiercontracties bij een kikker registreren de invloed van speeksel op zetmeel nagaan de vorming van pollenbuizen bij stuifmeelkorrels opwekken
waarnemingen doen buiten de les (thuis, in de hobbyclub)	de voortplanting van vissen beschrijven de ontwikkeling van jonge duiven volgen aantekeningen maken van het verloop van de gedaanteverwisseling bij de kikker en het koolwitje
waarnemingen verrichten aan het eigen lichaam	hartslag, pols en ademhaling beïnvloeden en registreren
werken op een kolchoz o.l.v. een agronoom of een zoötechnicus	nieuwe soorten planten of meststoffen beproeven nieuwe soorten huisdieren fokken

Overzicht 5. Enkele mogelijkheden voor het oplossen van problemen en opgaven. Samengesteld m.b.v. gegevens van Murtazin.

zicht af te lezen dat de etappes, door de ene auteur meer uitgewerkt dan door de andere, grote overeenkomst vertonen met de fasen van een natuurwetenschappelijk experiment, die in artikel II (Overzicht 5) zijn genoemd.

Vergelijken we de positie van het experiment in het probleem-gericht onderwijs met de plaats die er in de leerboeken voor is ingeruimd (zie artikel II, punt 2.5) dan is het evident dat er in de meeste leerboeken nog veel veranderd zal moeten worden, willen zij voor het probleem-gericht onderwijs niet alleen een bron van kennis vormen, maar ook hulp bieden bij het beantwoorden van de vraag hoe een natuurwetenschappelijk probleem opgelost kan worden.

3.5 Onderzoek

In het tijdschrift *Biologija v škole* komen we op het gebied van het probleemgericht onderwijs meer algemene beschouwingen tegen dan resultaten van onderzoek. Twee beschrijvingen van onderzoek zijn in het kader van dit artikel van belang: het onderzoek van Brunovt en Rebrova en dat van Levina. Beide hebben in 1973 plaats gevonden.

Brunovt en Rebrova vergeleken een groep leerlingen die geen problemen en vragen behoefde op te lossen, met groepen leerlingen die, hetzij gedurende een klein aantal lessen, hetzij bij de uitwerking van een groot onderwerp, les kregen volgens de methode van het probleem-gericht

<i>Mjačina</i>	<i>Bel'skaja/Konovalenko</i>	<i>Murtazin</i>
het probleem formuleren	de probleemsituatie analyseren het probleem formuleren	het probleem formuleren
de hypothese formuleren	reeds aanwezige kennis mobiliseren; verschillende hypothesen opstellen de meest geschikte hypothese uitzoeken	de hypothese formuleren
experimenten uitvoeren	het probleem oplossen	het probleem oplossen door zelfstandig zoeken (trial and error)
resultaten verzamelen		conclusies trekken
	het controleren van de juistheid van de oplossing	evalueren en controleren
het formuleren van nieuwe vragen en hypothesen		generaliseren

Overzicht 6. Etappes bij het oplossen van problemen en vragen volgens enkele auteurs.

onderwijs. De omstandigheden waaronder werd lesgegeven, zoals de inrichting van het lokaal en het beschikbare materiaal, werden zoveel mogelijk gelijk gehouden. Verschillend waren slechts de structuur en de organisatie van de les. In alle gevallen ging het om de problemen die in Overzicht 7 zijn vermeld. Het toetsen van de kennis gebeurde zowel modeling als schriftelijk. Brunovt en Rebrova kregen de volgende resultaten:

De leerlingen van de lagere klassen van de middelbare school boekten betere resultaten met de oorspronkelijke methode dan met probleemgericht onderwijs. Dit geldt vooral voor de zwakke leerlingen uit de klassen V en VI. De beste leerlingen uit deze klassen kregen betere resultaten met probleemgericht onderwijs. Bru-

novt en Rebrova trekken hieruit de conclusie dat in deze klassen slechts af en toe de probleemgerichte benadering moet worden toegepast.

Verder ontdekten zij dat in klas VIII het beste resultaat bereikt werd wanneer de traditionele wijze van lesgeven wordt afgewisseld met probleemgericht onderwijs. In de klassen IX en X bleek de nieuwe methode tot betere resultaten te leiden dan de oude wijze van lesgeven.

Levina is er bij haar onderzoek van uitgegaan dat de gevolgde methodiek zowel met de leraar als met de leerling te maken heeft. De handelingen van de leerlingen zijn afgestemd op die van de leraar en omgekeerd. Zo roept volgens haar een methode die voornamelijk gericht is op het

klas	leeftijd	onderwerp	vraag
IX en X	15-17	algemene biologie	<p>Is het mogelijk het proces van ras- en soortvorming zo te sturen, dat veranderingen ontstaan die nuttig zijn voor de mens?</p> <p>Formuleer een hypothese over de werking van het mechanisme dat een verhouding tussen de geslachten veroorzaakt van 1 : 1.</p> <p>Hoe komt het dat de synthese van eiwitten in het cytoplasma een afspiegeling is van de informatie die hierover in de chromosomen in de kern te vinden is?</p> <p>Strekken de regels van Mendel zich ook uit tot organismen die zich ongeslachtelijk vermenigvuldigen?</p> <p>Welke rol zouden modificaties bij de evolutie gehad kunnen hebben, niet-tegenstaande het feit dat zij niet erfelijk zijn?</p> <p>Hoe is de schadelijkheid van mutaties te rijmen met hun rol van natuurlijke bron van verandering bij de evolutie?</p>
VIII	14-15	anatomie en fysiologie	<p>Waarom sterft de mens als gevolg van een grote beschadiging van zijn huid?</p> <p>Hoe komt het dat een orgaan als het hart zonder ophouden kan blijven werken?</p> <p>Waarom wordt er zoveel waarde gehecht aan een goede samenstelling van ons voedsel?</p> <p>Hoe kan men de gezondheid van de mens afleiden uit gegevens over de samenstelling van het bloed?</p>
V en VI	11-13	botanie	<p>Op welke manier verschaft de plantensystematiek ons kennis over de verwantschap en afstamming van planten?</p> <p>Welke betekenis heeft het blad voor de plant?</p> <p>Heeft de groene kleur betekenis voor een plant?</p> <p>Welke voorwaarden moeten vervuld zijn opdat bladeren organische stoffen vormen?</p> <p>Hoe is aan uiterlijke kenmerken van de plant te zien of deze op een lichte dan wel schaduwrijke plaats groeit?</p>

Overzicht 7. Problemen en vragen die bij het onderzoek van Brunovt en Rebrova zijn gebruikt.

verstrekken van informatie een reproductieve activiteit bij de leerlingen op. Een methode waarbij de leerlingen door de leraar bij het verwerven van kennis slechts in geringe mate gestuurd worden, roept zoekgedrag op bij de leerlingen. In het laatste geval is er sprake van een *organisatorische methode*.

Bij haar onderzoek deelde Levina het didactisch handelen van de leraar en het daarop afgestemde leergedrag van de kinderen in drie categorieën in, en wel zo dat bij elke categorie die zij invoerde, het eerste deel van de term betrekking had op de leraar en het tweede deel op het

kind. Haar categorieën zijn de volgende:

- informatief - reproductief
- organisatorisch - zoekend
- vragend - antwoordend

Volgens Levina mag de derde categorie van handelen niet als een aparte groep beschouwd worden. Vragen stellen en antwoorden geven maken ook deel uit van de handelingen die in de beide andere categorieën thuishoren. Dat zij deze combinatie toch tot een aparte groep maakt, vindt zijn oorzaak in het grote aantal malen dat er van een vragen en antwoord geven in de klas sprake is. (Vergelijk in dit verband de opvatting

cursus	vormen van onderwijs en studie die met elkaar verband houden								
	informatief-reproductief			organisatorisch-zoekend			vragend-antwoordend		
botanie (V)	35	31	40	18	24	17	47	45	43
botanie (VI)	43	55	56	19	2	2	38	43	42
zoölogie (VI)	50	44	44	7	6	6	43	50	50
zoölogie (VII)	52	51	53	5	6	4	43	43	43
anatomie (VIII)	50	52	51	10	11	11	40	37	38
school	A	B	C	A	B	C	A	B	C

Overzicht 8. De tijd besteed aan drie typen van handelen tijdens biologielessen in verschillende klassen op drie scholen, uitgedrukt in procenten (volgens Levina).

van Levina met de gegevens over didactische werkvormen in deel II van deze serie artikelen.)

Het eigenlijke onderzoek van Levina bestond hieruit dat zij op drie scholen in de klassen V, VI, VII en VIII onderzocht hoeveel tijd er door leraar en leerlingen besteed werd aan drie genoemde activiteiten. De resultaten van dit onderzoek vat zij in een overzicht samen (Overzicht 8).

Uit de resultaten van haar onderzoek trekt Levina de conclusie dat het organisatorisch-zoekend gedrag afneemt van de vijfde tot de achtste klas. De oorzaak van dit verschijnsel zoekt zij in de voorlichting die de instituten voor her- en bijscholing van leraren geven en die volgens haar het informatief-reproductieve gedrag van leraar en leerling in de hand werkt.

Literatuur

- Bel'skaja, E. M., *Priëmy organizacii logičeskogo myšlenija učaščichsja dlja ujasnenija obščebiologičeskich ponjatij*, Biologija v škole, 1972-5.
- Brunovt, E. P., Anisimova V. S., *Umstvennye operacii v učebnom processe*, Biologija v škole, 1971-1.
- Brunovt, E. P., Rebrova L. V., *Problemnyj podchod i vozmožnosti ego ispol'zovanija na urokach biologii v raznyh klassach*, Biologija v škole, 1973-3.
- Cuzmer, A. M., Petriščina, O. L. *Anatomija, fiziologija, gigiena; Učebnik dlja 8 klassa* (Moskva, 1969).
- Delhaas, R. J., *Over onderwijs en maatschappij in de Sowjet-Unie*, Pedagogische Studiën 1971 (48) 107-118.
- Fedorova, V. N. *Prognozirovanie novej sistemy estestvennonaučnych disciplin*, Sovetskaja Pedagogika, 1971-3.
- Gal'perin, P. J., *Het onderzoek van de cognitieve ontwikkeling van het kind*, Pedagogische Studiën 1972 (49) 441-453.
- Garib'jan, R. B., Markov, N. G., *Anatomija i fiziologija čeloveka; učebnik dlja 8 klassa* (Moskva, 1967).
- Konovalenko, I. G., *Sozdanie problemnych situacij na urokach biologii*, Biologija v škole, 1971-2.
- Landa, L. N., *Algoritmen en heuristieken in het onderwijs en het programmeren van denkactiviteiten van leerlingen*, Pedagogische Studiën 1970 (47) 293-307.
- Levina, M. M., *Issledovanie sistemy metodov prepodavanija biologii i ež didaktičeskaja charakteristika*, Biologija v škole, 1973-2.
- Maksimova, B. N., Gurevič, A. A., *Formirovanie poznavatel'nych umenij kak osnovy samostojatel'nosti učaščichsja*, Biologija v škole, 1973-5.
- Mjačina, T. I., *Problemnyj podchod, mesto i značenie ego v učebnom processe*, Biologija v škole, 1970-6.
- Murtazin, G. M., *Aktivizacija myšlenija učaščichsja v processe prepodavanija biologii*, Biologija v škole, 1971-4.
- Parreren, C. F. van, *De relatie onderwijs - cognitieve ontwikkeling in de Russische psychologie*. In: J. de Wit (red.), *Psychologen over het kind*, deel 3. (Groningen, 1973).

- Parreren, C. F., Carpay, J. A. M., *Sovjetpsychologen aan het woord* (Groningen, 1972).
- Poljanskij, J. I., *Obščaja biologija; Učebnik dlja IX i X klassov* (Moskva, 1971).
- Poljanskij, J. I., *Soderžanie i principy postroenija učebnika po obščej biologii*, *Biologija v škole*, 1970-5.
- Rebrova, L. V., *Problemyj podchod pri izložanii učebnogo materiala*, *Biologija v škole*, 1971-2.
- Skatkin, M. N., *Prirodovedenie; Učebnik dlja 4-go klassa*, (Moskva, 1972).
- Skatkin, M. N., *Sovremennye problemy didaktiki v svete leninskoj teorii otaženija*, *Sovetskaja Pedagogika*, 1970-5.
- Švanderov, F. A., *Raznaja stepen' samostojatel'nosti učaščichsja v priobretenii znanij*, *Biologija v škole*, 1972-3.
- Treffers, A. J., *Biologieonderwijs in de Sowjet Unie, de Verenigde Staten en Nederland*, (Groningen, 1968).
- Treffers, A. J., *De natuurwetenschappen in het Sovjet-
onderwijs I - Kenmerken en leerprogramma's*, *Pedagogische Studiën* 1974 (51) 144-156.
- Treffers, A. J., *De natuurwetenschappen in het Sovjet-
onderwijs II - Leerboeken - handleidingen - toetsen*, *Pedagogische Studiën* 1974 (51) 172-184.
- Vos, J. *Teksten over het Russische onderwijs deel II*.
Uitgave van het Pedagogisch Instituut van de
Rijksuniversiteit Groningen (1969).