

## Wat is biologisch evenwicht ?

K.Th.Boersma

Didactiek van de Biologie, R.U.-Utrecht

### Samenvatting

Het begrip 'biologisch evenwicht' is geen eenduidig wetenschappelijk begrip. Verschillende voorstellingen uit de biologische vakliteratuur zijn terug te vinden in de voorstellingen van leerlingen en a.s. biologieleraren van het begrip. Het vooronderzoek waarover hier gerapporteerd wordt, leidt tot een op literatuur en uitspraken van leerlingen en a.s. biologieleraren gebaseerd categorieënsysteem van voorstellingen van biologisch evenwicht.

### 1. Inleiding.

Biologisch evenwicht, waaronder meestal wordt verstaan een evenwichtssituatie in een levensgemeenschap of een ecosysteem, is een complex begrip. In de biologische (vak-)literatuur wordt echter veelal niet eenduidig omschreven wat onder biologisch evenwicht verstaan wordt. Bovendien fungeert het als een soort verzamelbegrip voor in feite verschillende wetenschappelijke begrippen. De verwarring en onduidelijkheid omtrent biologisch evenwicht die daardoor ontstaat, wordt nog vergroot doordat sommige ecologen het begrip zien als een onjuiste popularisering en in plaats van 'biologisch evenwicht' het begrip 'stabiliteit' hanteren. Weer andere ecologen proberen ecosystemen te begrijpen vanuit een evolutionaire benadering, waarbij het belang en zelfs het bestaan van evenwichten in ecosystemen ontkend wordt (Jantsch, 1983).

Hier wordt er om een tweetal redenen van uit gegaan dat biologisch evenwicht een belangrijk begrip is.

In de eerste plaats is biologisch evenwicht een belangrijk theoretisch begrip, doordat het verwijst naar eigenschappen die ieder biologisch systeem bezit. Dit wetenschappelijk begrip is echter zeer complex doordat het enerzijds refereert aan een groot deel van het ecologisch begrippenapparaat, waarbij anderzijds ge-

bruik gemaakt wordt van het begrippenapparaat van de algemene systeemtheorie (von Bertalanffy, 1968) en de cybernetische systeemtheorie. De verschillende begrippen biologisch evenwicht zijn zeker ten dele terug te voeren op de verschillende systeemmodellen zoals die in beide systeemtheorieën gehanteerd worden (von Bertalanffy, 1968; Ewers, 1979; Jeuken, 1979).

Doordat biologisch evenwicht zich niet laat afleiden uit de empirie, maar wel uit de twee genoemde systeemtheorieën, moet het gezien worden als modelbegrip. Biologisch evenwicht (of stabiliteit) kan slechts in modelsystemen gemakkelijk worden aangetoond (Ellenberg, 1973).

Een tweede reden dat biologisch evenwicht een belangrijk begrip is, berust op het feit dat het een belangrijke rol speelt in het maatschappelijk verkeer, met name in discussies en beleidsstukken met betrekking tot natuurbeheer en natuurbescherming. Het begrip biologisch evenwicht wordt daarbij wel als normatief begrip gehanteerd (Van den Daele & Cramer, 1983).

Gezien de verwarring m.b.t. biologisch evenwicht is het niet te verbazen dat een groot aantal synoniemen (?) voor biologisch evenwicht gehanteerd wordt, b.v. ecologisch evenwicht, natuurlijk evenwicht, evenwicht in de natuur, steady state, ... Bij verduidelijking van wat onder biologisch evenwicht verstaan wordt, zal niet in eerste instantie getracht worden deze 'labels' van verschillende betekenissen te voorzien. In deze tekst worden de labels 'biologisch evenwicht' en 'evenwicht in de natuur' ook door elkaar gebruikt.

Getracht zal worden om verschillende voorstellingen van biologisch evenwicht van elkaar te scheiden. In 2. worden deze verschillende wetenschappelijke voorstellingen gepresenteerd, waarna in 5. het geheel van onderscheiden voorstellingen gepresenteerd wordt, voorstellingen van leerlingen, .i.s. biologieleraars en wetenschappelijke voorstellingen.

Onder voorstellingen wordt hier verstaan dat wat, door interactie met de omgeving, met woorden in communicatie is gebracht. Wat in communicatie is gebracht kan variëren van zgn. spontane redeneringen of associaties, tot zgn. meningen of opvattingen, tot zgn. zorgvuldig gewogen definities of analyses. Voorstellingen worden daarmee opgevat als 'afbeeldingen' van de cognitieve structuur. Voorstellingen hebben t.a.v. de cognitieve structuur een zelfde relatie als een landkaart heeft t.a.v. het gebied dat is afgebeeld (Bateson, 1972).

Door wetenschappelijke voorstellingen en voorstellingen van leerlingen of studenten te analyseren en met elkaar te vergelijken, wordt het mogelijk om uitspraken te doen over de kwalitatieve verschillen tussen de voorstellingen. Dat is onder meer van belang om te kunnen vaststellen wat het kwalitatieve verschil is

tussen de voorstellingen van leerlingen of studenten en die van hun docenten en/of hun leerboeken.

Gezien de complexiteit van het begrip, is het nauwelijks te verbazen dat nederlandse schoolboeken slechts ten dele voorstellingen van biologisch evenwicht hanteren die corresponderen met (een van de) wetenschappelijke voorstellingen. Een doorsnede van duitse schoolboeken biologie geeft een zelfde beeld (Eulefeld & Schaefer, 1978). Onderzoek onder een steekproef van leraren in Duitsland wijst uit dat ongeveer de helft van de biologieleraren het begrip statisch opvat (Schaefer, 1973) en daarmee een voorstelling hanteert die afwijkt van de wetenschappelijke voorstellingen.

Verwacht mag ook worden dat kinderen moeite hebben met het begrip. Immers, om het begrip adequaat te kunnen hanteren, dienen zij, in termen van het fasemodel voor cognitieve ontwikkeling van Piaget, de beschikking te hebben over denkpatronen die gerangschikt moeten worden in de laat formeel-operationele fase (3B) (Shayer & Adey, 1981). De laat formeel-operationele fase was in een representatieve steekproef slechts door ongeveer 12% van de 15/16-jarige engelse schoolkinderen bereikt. Maar al hebben kinderen of volwassenen geen 'juist' begrip van biologisch evenwicht, zij zullen zich veel gevallen wel degelijk iets kunnen voorstellen bij 'evenwicht in de natuur'. Evenwicht in de natuur is in ieder geval een begrip waar veel kinderen van horen en/of lezen, op school of thuis. Wat zij er zich bij voorstellen zal voor een groot deel bepaald worden door wat zij zien als 'evenwicht' en als 'natuur'. Met beide begrippen hebben zij ervaring opgedaan.

In het hier voorliggende artikel worden de eerste resultaten gepresenteerd van een onderzoek naar wat leerlingen en a.s. biologieleraren verstaan onder biologisch evenwicht. Voordat in 3. twee onderzoeksvragen besproken zullen worden, zal in 2. eerst nader ingegaan worden op wetenschappelijke voorstellingen van biologisch evenwicht. In 4. en 5. zullen vervolgens de opzet en de resultaten van het verrichte onderzoek worden besproken. Tot slot zullen in 6. in de discussie enkele stellingen worden gepresenteerd die kunnen leiden tot vervolgonderzoek.

## 2. Wetenschappelijke voorstellingen

Een analyse van het begrip evenwicht in de natuur is verricht door Jansen (1972). Daarbij wordt nadrukkelijk een onderscheid gemaakt tussen 'balance' en 'natural control'. Onder 'balance' verstaat hij de toestand in levensgemeenschappen waarbij de aantallen per soort niet variëren, d.w.z. dat de relatie tussen de soorten van dien aard zijn dat nataliteit en mortaliteit gelijk zijn. Onder

'natural control' verstaat hij dan het variëren binnen bepaalde grenzen, zowel wat betreft aantallen organismen als wat betreft processen (p. 89). Bij zijn analyse van biologische vakliteratuur komt hij vervolgens tot zes categorieën van voorstellingen m.b.t. biologisch evenwicht (p. 96 e.v.).

- a. *descriptieve, dogmatische*, waarbij geconstateerd wordt dat er nu eenmaal evenwicht is; het begrip heeft het karakter van een dogma, een principe;
- b. *axiomatische*, waarbij gesteld wordt dat er wel evenwicht moet zijn, omdat levensgemeenschappen anders niet verklaarbaar zijn;
- c. *deterministische*, waarbij er van uit wordt gegaan dat de populatiedichtheid bepaald wordt door de wijze waarop biotische en abiotische elementen met elkaar interageren; systeemtheoretische opvattingen worden in deze categorie gerangschikt;
- d. *mathematisch deterministische*, welke beperkt blijven tot evenwichten in model-systemen - die veelal slechts uit twee populaties bestaan -, waarbij een groot aantal variabelen opgenomen wordt in mathematische vergelijkingen;
- e. *stochastische*, waarbij evenwicht opgevat wordt als de gemiddelde populatiedichtheid en derhalve slechts statistische betekenis heeft;
- f. *negatieve*, waarbij evenwicht in de natuur ontkend wordt. Een recente vertegenwoordiger van deze opvatting is Jantsch (1983) die stelt dat biologische systemen in een hoge mate van non-equilibrium zijn wat betreft uitwisseling van energie en materie (p. 60).

De criteria die gehanteerd zijn bij het onderscheiden van de categorieën worden door Jansen niet genoemd. Met name het onderscheid tussen enerzijds descriptieve dogmatische en axiomatische en anderzijds deterministische en mathematisch deterministische voorstellingen lijkt nogal arbitrair. Verder is ook Jansen van mening dat stochastische voorstellingen slechts verwijzen naar toevallige combinaties van omstandigheden en derhalve niet refereren aan regulatiemechanismen (p. 108).

Eulefeld & Schaefer (1978) onderscheiden verschillende wetenschappelijke evenwichtsbegrippen. Allereerst maken zij een onderscheid tussen statisch evenwicht en dynamisch evenwicht. Onder statisch evenwicht wordt verstaan evenwicht in statische systemen, d.w.z. dat de som van de krachten en draaimomenten nul is. Onder dynamisch evenwicht wordt verstaan evenwicht in open dynamische systemen, waarbij de input van materie/energie gelijk is aan de output. Dynamisch evenwicht wordt door hen vervolgens in de volgende typen verdeeld (p. 123 e.v.):

- a. *direct dynamisch evenwicht*, waarbij geldt dat wat energie en materie betreft de input gelijk is aan de output (synoniemen: Fliessgleichgewicht, steady state);
- b. *indirect dynamisch evenwicht*, waarbij een evenwichtssituatie hersteld wordt nadat een bepaalde waarde overschreden is (synoniemen: cybernetisch evenwicht, homeostasis);
- c. *ecologisch evenwicht*, wat opgevat moet worden als een direct dynamisch evenwicht met voortdurende schommelingen rond een gemiddelde (synoniem: biologisch evenwicht, sensu stricto).

Onderzoek naar de geschiedenis van het begrip biologisch evenwicht ('balance of nature') is verricht door Egerton (1973). Volgens hem maakte het idee van evenwicht in de natuur reeds deel uit van het griekse denken, dat de opvatting hanteerde dat de natuur constant is en in harmonie. Tot in de 17e en 18e eeuw werd het begrip gehanteerd in een theologische context en niet in een ecologische. Ook door de bijdragen van Linnaeus die het begrip in 1749 als 'oeconomia naturae' formuleerde, kwam daarin weinig verandering, omdat zijn bijdrage niet leidde tot een nieuwe toetsing.

Egerton constateert dan ook dat gedurende de geschiedenis slechts enkele pogingen ondernomen zijn om het begrip te omschrijven. Het begrip heeft daardoor lang veel meer als aanname dan als theorie of hypothese gefunctioneerd.

Egerton betreft in zijn onderzoek geen systeemtheoretische voorstellingen. Begrippen als 'homeostasis', door Cannon in 1929 ingevoerd om evenwichtssituaties binnen organismen te omschrijven, en 'steady state' (of 'Fliessgleichgewicht'), door von Bertalanffy in 1928 geïntroduceerd, worden door hen niet genoemd. In zijn analyse ligt dan ook de nadruk op metafysische voorstellingen.

Naast het probleem van de wijze waarop de verschillende biologische evenwichtbegrippen van elkaar onderscheiden kunnen worden, speelt ook de vraag in hoeverre een van de biologische evenwichtbegrippen verschilt van het begrip *stabiliteit*. Op deze plaats zal niet uitvoerig op overeenkomsten en/of verschillen tussen de biologische evenwichtbegrippen worden ingegaan. Volstaan wordt met twee literatuurverwijzingen.

Bouquet (1971) stelt: 'stabiliteit is vrijwel synoniem met biologisch evenwicht' (p. 43), zonder nadere toevoeging. Gigon (1981) is van mening dat de stabiliteit van een ecosysteem onder meer door 'oecologische Gleichgewichte' bepaald wordt. Fliessgleichgewicht wordt opgevat als één van de stabiliteits-

principes (p. 24 e.v.). Gezien de onduidelijkheden in zijn omschrijvingen van het begrip evenwicht en gezien de illustraties bij de uitwerking van het begrip stabiliteit, is een nadere uitwerking van het eventuele onderscheid tussen de beide begrippen gewenst.

Op grond van de hierboven en in de inleiding genoemde literatuur zijn de volgende conclusies getrokken m.b.t. afbakening van wetenschappelijke voorstellingen van biologisch evenwicht.

Alhoewel het begrip betrekking kan hebben op alle biologische organisatieniveau's, wordt het met name gebruikt voor aanduiding van evenwichtssituaties in populaties, levensgemeenschappen en ecosystemen. Het begrip heeft daarmee betrekking op organisatieniveau's hoger dan het organismatische. (Dit in tegenstelling tot het begrip homeostasis dat vooral gebruikt wordt voor aanduiding van evenwichtssituaties in het interne milieu, het organismatisch organisatieniveau).

Voorstellingen van het begrip biologisch evenwicht kunnen nauwkeurig worden aangeduid indien ze gerelateerd worden aan nauwkeurig aangeduide systeemmodellen. Daarbij is het vooral van belang een onderscheid te maken tussen gesloten systemen, open systemen en cybernetische systemen. Aangezien met name levensgemeenschappen en ecosystemen gezien worden als open systemen, d.w.z. dat algemene systeemvoorstellingen worden gehanteerd, waarbij met name uitspraken gedaan worden over veranderingen in de populatiegrootte, ligt het voor de hand het begrip 'biologisch evenwicht' indien het gebruikt wordt in een ecologische context, op te vatten als wat door Eulefeld & Schaefer wordt aangeduid als 'ecologisch evenwicht'. Eulefeld & Schaefer geven daarbij de volgende definitie:

'Das biologische Gleichgewicht ist der Zustand einer Lebensgemeinschaft (Biozönose), in dem bei relativ konstanter Aussensteuerung (-biotische Faktoren) durch Regulation sowohl das Artenspektrum über ein längeren Zeitraum erhalten bleibt, als auch die einzelnen Populationsdichten nur innerhalb konstanter Grenzen schwanken.' (p. 34).

In 4, zal nader commentaar gegeven worden op deze definitie.

### 3. Onderzoeksvragen

Het vooronderzoek naar voorstellingen van biologisch evenwicht heeft zich gericht op de volgende onderzoeksvragen:

1. In hoeverre zijn a.s. biologie leraren in staat om een bevredigende omschrijving van biologisch evenwicht te geven ?
2. Hanteren leerlingen voorstellingen van biologisch evenwicht ? en zo ja, welke voorstellingen van biologisch evenwicht hanteren leerlingen en a.s. biologie leraren ?

De eerste vraagstelling is om twee redenen van belang. In de eerste plaats mag van biologiestudenten zeker in de laatste jaren van hun studie, verwacht worden dat zij op een behoorlijke mate uit de voeten kunnen met enkele fundamentele modelmatige ecologische begrippen. In de tweede plaats kan verwacht worden dat voorstellingen die biologiestudenten tijdens hun studie verwerven een belangrijke rol blijven spelen als zij naderhand werkzaam zijn in het onderwijs. Als het begrip biologisch evenwicht van belang wordt geacht voor het onderwijs, en daar wordt hier van uit gegaan, dan is het noodzakelijk dat a.s. biologieleraren een adequate voorstelling van dat begrip hebben. Aangezien Schaefer (1973) aantoonde dat veel biologieleraren niet over een adequaat begrip van biologisch evenwicht beschikken, kan verwacht worden dat veel a.s. biologieleraren een relatief onbevredigende omschrijving van biologisch evenwicht zullen geven.

De tweede vraagstelling is van groot belang omdat als het begrip biologisch evenwicht in het voortgezet onderwijs geïntroduceerd wordt, en verwacht mag worden dat leerlingen grote moeite hebben met het begrip. Het lijkt dus zinvol om hun voorstellingen te kennen teneinde vast te kunnen stellen op welke wijze daar (eventueel) in het onderwijs op kan worden aangesloten. Op de wijze waarop op de voorstellingen van de lerenden zou kunnen worden aangesloten zal nader worden ingegaan in 6. Eulefeld & Schaefer (1978) laten zien dat relatief veel associaties van leerlingen uit de 6e t/m 8e klas (in Duitsland) betrekking hebben op statische evenwichtsbegrippen en op het lichaamsgewicht. Hiermee rekening houdend en rekening houdend met de 'moeizame' historische ontwikkeling van het begrip, kan verwacht worden dat de voorstellingen van leerlingen weinig gedifferentieerd zullen zijn en vooral betrekking zullen hebben op statische evenwichten.

#### 4. De mate van beheersing van het begrip biologisch evenwicht

##### *Methode*

Om de mate van beheersing van het begrip biologisch evenwicht bij a.s. biologieleraren vast te stellen, werd aan 43 biologiestudenten tijdens hun cursus didactiek gevraagd om t.b.v. het onderzoek op een daarvoor ontworpen formulier in maximaal 30 minuten op te schrijven wat zij verstaan onder biologisch evenwicht/evenwicht in de natuur.

De antwoorden die zij daarop gaven zijn vergeleken met een standaarddefinitie, een methode ontleend aan Jansen (1972). De voorlopige standaarddefinitie werd ontleend aan Eulefeld & Schaefer (zie 2.). Om tot een definitieve standaarddefinitie te komen, werd de voorlopige standaarddefinitie, samen met vijf redelijke

varianten daarop, voorgelegd aan twee ecologen. Ook zij gaven de voorkeur aan de voorlopige standaarddefinitie, zonder dat zij wisten dat een definitie gekozen was als voorlopige standaarddefinitie. Rekening houdend met hun commentaar werd uiteindelijk een standaarddefinitie gehanteerd die in 5 elementen uiteen kon worden gelegd (zie tabel 1).

Tabel 1: gehanteerde standaarddefinitie van biologisch evenwicht

Biologisch evenwicht is
1. de toestand
2. van een levensgemeenschap
3. waarbij door regulatie
4. het soorten spectrum over langere tijd bewaard blijft
5. en de populatiedichtheid van de soorten binnen constante grenzen varieert

Alhoewel hier wordt afgezien van een gedetailleerde beargumentering en niet zal worden ingegaan op de onduidelijkheden die aan de standaarddefinitie kleven, volgt hier een korte toelichting:

- element 1: stelt dat biologisch evenwicht een toestand is (en b.v. geen proces); slordig formuleren kan er toe leiden dat dit element niet in de omschrijving wordt opgenomen (b.v.: 'er is biologisch evenwicht als in een levensgemeenschap ...).
- element 2: verwijst naar het betreffende systeem: de levensgemeenschap.
- element 3: duidt de mechanismen aan waardoor het in de elementen 4 en 5 gestelde het geval is. Bij een meer descriptieve formulering kan element 3 wellicht vervallen.
- element 4: stelt wat gelijk blijft: het soortenspectrum. Impliciet is element 4 echter ook in element 5 opgenomen.
- element 5: stelt wat varieert en op welke wijze dat gebeurt. Element 5 kan beschouwd worden als het meest kritische deel van de standaarddefinitie.

De uitspraken van de studenten werden vervolgens geanalyseerd m.b.v. de in tabel 2 vermelde elementen van de standaarddefinitie. Voor een beoordeling van de kwaliteit van de uitspraken werden, op grond van het voorafgaande, de volgende criteria aangehouden:

- A. juiste omschrijving : de elementen 2 en 5 zijn juist geformuleerd  
 B. gedeeltelijk juiste omschrijving: element 5 is juist geformuleerd  
 C. onjuiste omschrijving : de elementen 2 en 5 zijn beide onjuist geformuleerd.

### Resultaten

De resultaten van de analyse zijn vermeld in tabel 2.

Tabel 2: De mate waarin a.s. biologieleraren een juiste omschrijving van het begrip biologisch evenwicht geven.

	N = 43	
A. juiste omschrijving (elementen 2 en 5 juist)	6	(14%)
B. gedeeltelijk juiste omschrijving (element 5 juist, element 2 onjuist)	2	(6%)
C. onjuiste omschrijving (elementen 2 en 5 onjuist)	34	(80%)

Slechts een klein gedeelte van de a.s. biologieleraren gaf een omschrijving waarin tot uitdrukking komt dat de populatiedichtheid van de soorten binnen constante grenzen varieert.

## 5. Voorstellingen van biologisch evenwicht

### Methode

Om een beeld te krijgen van voorstellingen van biologisch evenwicht van leerlingen, werd aan 51 brugklasleerlingen van een HAVO/VWO-school en aan 26 4-VWO-leerlingen van diezelfde school gevraagd om op te schrijven wat zij onder evenwicht in de natuur verstonden. Zij kregen daartoe een vragenboekje voorgelegd, waarin achtereenvolgens de volgende vragen werden gesteld:

1. Heb je wel eens van evenwicht in de natuur gehoord ?  
 Zo ja, waar denk je dan aan ?  
 Zo nee, dan verder niets invullen.
2. Wat versta jij onder evenwicht in de natuur ?
3. Op welke manier denk je dat jij invloed hebt op evenwicht in de natuur ?

Om een beeld te krijgen van de aard van de voorstellingen van biologisch evenwicht, werd allereerst genoteerd welke voorstellingen opvielen in de antwoorden van de leerlingen. Vervolgens werd met behulp van de in 2. besproken literatuur een categorieënsysteem ontwikkeld, zodanig dat iedere uitspraak tenminste in één categorie kon worden ondergebracht. De hoofdcategorieën werden

vooral aan de literatuur ontleend, de subcategorieën vooral aan de uitspraken van leerlingen. Nadat alle uitspraken waren gecategoriseerd, werd dezelfde werkwijze toegepast op de uitspraken die bij 43 a.s. biologieleeraren verzameld werden (zie 4.). Dat leidde tot een uitbreiding en herordering van het categorieënsysteem. Uiteindelijk ontstond een categorieënsysteem waarin alle uitspraken van leerlingen en a.s. biologieleeraren tenminste éénmaal in konden worden ondergebracht.

### *Resultaten*

Veel uitspraken die leerlingen en a.s. biologieleeraren doen hebben meer betrekking op voorstellingen m.b.t. levensgemeenschap of ecosysteem dan op voorstellingen m.b.t. biologisch evenwicht. Aangezien voorstellingen m.b.t. levensgemeenschap en ecosystemen in feite betrekking hebben op relaties tussen organismen onderling en op relaties tussen organismen en hun omgeving, werden deze voorstellingen relationele voorstellingen genoemd. Het categorieënsysteem omvat daarvoor twee hoofdstukken, één betreffende voorstellingen van biologisch evenwicht en één betreffende relationele voorstellingen.

De hoofdcategorieën van beide hoofdstukken zijn als volgt omschreven:

#### A. Voorstellingen van biologisch evenwicht.

- A.1. *Metafysische (evenwichts-)voorstellingen*: voorstellingen die niet gebaseerd zijn op waarnemingen of biologische theorieën, maar op aannamen over harmonie in de natuur of op de vooronderstelling dat er nu eenmaal evenwicht is.
- A.2. *Statische evenwichtsvoorstellingen*: voorstellingen van evenwicht waarbij in feite een fysisch evenwichtsbegrip wordt 'vertaald' naar de natuur en/of een biologische context.
- A.3. *Dynamische evenwichtsvoorstellingen*: voorstellingen van evenwicht die zijn ontleend aan open-systeem-voorstellingen, waarin de elementen dynamische betrekkingen met elkaar onderhouden.
- A.4. *Non-evenwichtsvoorstellingen*: voorstellingen waarbij een biologische betekenis van het begrip ontkend wordt, of waarbij ontkend wordt dat er biologisch evenwicht bestaat.

#### B. Relationele voorstellingen

- B.1. *Metafysische relationele voorstellingen*: voorstellingen m.b.t. samenhang in de natuur of relaties tussen organismen die niet gebaseerd zijn op waarnemingen of biologische theorieën.

Tabel 3: Categorieënsysteem voorstellingen van biologisch evenwicht en relationele voorstellingen; met voorbeelden

A. Voorstellingen van biologisch evenwichtA.1. *metafysische (evenwichts-)voorstellingen*

- A.1.1. axiomatiche voorstellingen
- evenwicht betekent dat alles in de natuur in evenwicht blijft.
  - evenwicht in de natuur is de balans tussen alles wat leeft en niet leeft
2. teleologische voorstellingen
- ... dieren en planten die elkaar eten om elkaar in evenwicht te houden.
3. harmonievoorstellingen
- er moeten er niet te veel en niet te weinig van een soort zijn.
  - zonder dat mensen in hoeden te grijpen reilt en zeilt de natuur wel.
  - samenhang en wisselwerking tussen verschillende organismen, waarbij ieder organisme zo optimaal mogelijk kan leven zonder andere organismen te onderdrukken.
4. (rest)

A.2. *statische evenwichtsvoorstellingen*

- A.2.1. gewichtsconstantie als biologisch evenwicht
- zoals je ook bij gewichten evenwicht hebt, is dat in de natuur ook zo.
- A.2.2. numerieke constantie als biologisch evenwicht
- ... van alles evenveel als er nu is.
  - dat er evenveel dieren worden geboren dan dat er dood gaan en dat er evenveel planten dood gaan dan er bij komen.
- A.2.3. soortconstantie als biologisch evenwicht
- ... dat er geen dieren uitsterven.

A.3. *dynamische evenwichtsvoorstellingen*

- A.3.1. algemene systeemvoorstellingen
- zo'n systeem is in staat onverwachte gebeurtenissen op te vangen en na verloop van tijd te herstellen. Geen verlies van energie, er gaat niets verloren, input is output.
- A.3.2. procesvoorstellingen
- het verschijnsel dat in de ongestoorde natuur de daarin verlopende processen een dynamisch evenwicht kunnen bereiken.
- A.3.3. soortconstantie en numerieke variatie als biologisch evenwicht
- een van een groot aantal factoren afhankende schommeling rond een bepaalde evenwichtsstand in aantallen en soorten organismen ...
- A.3.4. tijdsvariabiliteit van biologisch evenwicht
- ... in feite op lange duur toch blijkt te verschuiven.
- A.3.5. biologisch evenwicht als eindfase van ontwikkeling
- ... het tot stand komen van een climaxstadium in een bepaald gebied.

A.4. *non-evenwichtsvoorstellingen*

- A.4.1. biologisch evenwicht als toeval
- evenwicht bestaat niet ... Beïnvloeding die elkaar tegenwerken of opheffen kunnen een schijnbare toestand van onveranderlijkheid scheppen die we het etiketje evenwicht kunnen geven.

**B. Relationale voorstellingen****B.1. metafysische relationale voorstellingen****B.1.1. axiomatiche voorstellingen**

- de samenhang tussen dieren onderling en het dier en het milieu waarin het leeft.
- ... dat alles in de natuur met elkaar in verband staat.
- dat alles met elkaar samenhangt.

**B.1.2. harmonievoorstellingen**

- natuurlijk evenwicht is een proces dat leidt tot een situatie met minimale spanning tussen betrokkenen ...
- onder evenwicht in de natuur versta ik een juiste wisselwerking tussen organisme en zijn omgeving.

**B.2. kwalitatieve relationale voorstellingen****B.2.1. specifieke lineaire voorstellingen**

- ... tijgers eten (zwakke) herten ...

**B.2.2. generale lineaire voorstellingen**

- op die manier eten alle dieren en ze worden ook weer gegeten.

**B.2.3. specifieke circulaire voorstellingen**

- de veldmuis eet het graan op en die veldmuis wordt weer door een ander dier opgegeten; de boeren jagen dan op dat dier die dat veldmuisje opeet; dan komen er nog meer veldmuizen en dan hebben de boeren helemaal geen graan meer.

**B.2.4. generale circulaire voorstellingen**

- ... een kringloop van de natuur van alle beesten die eten en gegeten worden.

**B.2.5. systeemvoorstellingen**

- alle organismen zorgen voor het evenwicht ...
- de mate van inter-/intraspecifieke relaties tussen organismen in een biotoop.

**B.2.6. open systeemvoorstellingen**

- ... de verhoudingen tussen verschillende omstandigheden in de natuur: de mens, dieren, planten, temperatuur, vervuiling en allerlei andere abiotische milieufactoren.

**B.2.7. ecosysteemvoorstellingen**

- ... alle biotische en abiotische factoren die bestaan, elkaar beïnvloeden ...

**B.3. kwantitatieve relationale voorstellingen****B.3.1. omgekeerd evenredige voorstellingen**

- als dat ene dier er niet meer is, dan komen er te veel van die andere dieren.

**B.3.2. recht evenredige voorstellingen**

- je haalt in de herfst al de bladeren die er van afgevallen zijn van de grond weg; dan komen er geen paddestoelen, enz.

**B.3.3. regelsysteemvoorstellingen**

- ... zijn er veel veldmuizen dan is er veel voedsel voor de roofvogels. De vele roofvogels eten weer alle muizen op. Zodat er voor roofvogels weer minder voedsel (is) waardoor ze schaarser worden, waardoor de muizen minder vijanden hebben.

**C. Rest**

- dat het verspreid is over de wereld en niet één stuk bos en voor de rest nergens bos.
- afhankelijk daarvan komen bepaalde planten en dieren op sommige plaatsen wel en op andere niet of minder voor.
- nee (als antwoord op vraag 1)

Tabel 4: Aantallen uitspraken in ieder van de categorieën van tabel 3, waarbij N = aantal responden ten en n = aantal uitspraken.

	brugklas N = 51 n = 70	4 VWO N = 26 n = 47	a.s. biologe- leraren N = 43 n = 69
A. Voorstellingen van biologisch evenwicht	27	26	45
A.1. metafysische (evenwichts-) voorstellingen	15	12	17
A.1.1. axiomatische voorstellingen	8	4	5
A.1.2. teleologische voorstellingen	1	-	-
A.1.3. harmonie voorstellingen	6	8	10
A.1.4. rest	-	-	2
A.2. statische evenwichtsvoorstellingen	12	14	3
A.2.1. gewichtconstante	5	1	-
A.2.2. numerieke constante	4	11	3
A.2.3. soortsconstante	3	2	-
A.3. dynamische evenwichtsvoorstellingen	-	-	24
A.3.1. algemene systeemvoorstellingen	-	-	8
A.3.2. procesvoorstellingen	-	-	5
A.3.3. soortsconstante en numerieke voorstell.	-	-	8
A.3.4. tijdsvariabiliteit	-	-	1
A.3.5. eindfase van ontwikkeling	-	-	2
A.4. non-evenwichtsvoorstellingen	-	-	1
B. Relationale voorstellingen	36	21	21
B.1. metafysische relationele voorstellingen	1	2	10
B.1.1. axiomatische voorstellingen	1	2	8
B.1.2. harmonievoorstellingen	-	-	2
B.2. kwalitatieve relationele voorstellingen	27	13	11
B.2.1. specifieke lineaire voorstellingen	9	3	-
B.2.2. generale lineaire voorstellingen	8	2	2
B.2.3. specifieke circulaire voorstellingen	5	-	-
B.2.4. generale circulaire voorstellingen	5	5	3
B.2.5. systeem voorstellingen	-	2	3
B.2.6. open systeem voorstellingen	-	1	-
B.2.7. ecosysteemvoorstellingen	-	-	3
B.3. kwantitatieve relationele voorstellingen	8	6	-
B.3.1. omgekeerd evenredige voorstellingen	5	2	-
B.3.2. recht evenredige voorstellingen	2	2	-
B.3.3. regelsysteem voorstellingen	1	2	-
C. Rest	8	-	3

- B.2. *Kwalitatieve relationele voorstellingen*: voorstellingen m.b.t. kwalitatieve relaties tussen organismen onderling en met hun omgeving.
- B.3. *Kwantitatieve relationele voorstellingen*: voorstellingen m.b.t. kwantitatieve relaties tussen organismen onderling (en eventueel met hun omgeving), uitgedrukt in termen van 'meer' en 'minder'.

In tabel 3 wordt het categorieënsysteem gepresenteerd, met voorbeelden van uitspraken. In tabel 4 worden vervolgens de kwantitatieve gegevens in beeld gebracht.

#### 6. Discussie

De mate waarin een groep a.s. biologieleraren in staat blijkt een juiste omschrijving van het begrip biologisch evenwicht te geven, is nogal teleurstellend (tabel 2): wat binnen biologisch evenwicht varieert, het meest kritische deel van de standaarddefinitie, werd slechts door 8 van hen (20%) genoemd. Als gekeken wordt naar de evenwichtsvoorstellingen die zij hanteren (tabel 4), dan blijken velen van hen naast dynamische evenwichtsvoorstellingen ook metafysische voorstellingen te hanteren. Sommigen hanteren zelfs statische evenwichtsvoorstellingen, zei het niet in die mate die Schaefer (1973) vermeldt. Indien a.s. biologieleraren bij hun omschrijvingen gebruik maken van relationele voorstellingen, dan zijn dat slechts voor een deel systeemvoorstellingen en voor een belangrijk deel metafysische voorstellingen.

Leerlingen in de brugklas en in 4 VWO hanteerden vooral metafysische en statische evenwichtsvoorstellingen. Gewichtsconstantie wordt ook in 4 VWO nog incidenteel genoemd. Geen van de leerlingen die bij het vooronderzoek betrokken waren hanteerden dynamische evenwichtsvoorstellingen. Zowel brugklasleerlingen als 4-VWO-leerlingen maakten bij hun omschrijvingen veelvuldig gebruik van relationele voorstellingen: brugklasleerlingen vooral lineaire voorstellingen, 4 VWO-leerlingen voor een deel ook systeemvoorstellingen. De resultaten vermeld in tabel 4 zijn samengevat in tabel 5.

De geïnterviewde voorstellingen van leerlingen en a.s. biologieleraren wijken in de meeste gevallen in aanzienlijke mate af van wat als juiste omschrijving gezien kan worden. Maar zij hanteren deze voorstellingen. Als een zgn. juiste (wetenschappelijke) voorstelling wordt aangeboden kan er, zeker in het voortgezet onderwijs, een kloof ontstaan tussen de vaktaal en de leefwereldtaal van lerenden (Ten Voorde, 1977, 1983). Niet zonder meer kan verwacht worden dat het begrip uit de vaktaal enige betekenis voor hen heeft, dat zij er in hun omgeving ordenend mee kunnen omgaan. Als biologie-onderwijs in het algemeen en

Tabel 5: Samenvatting van de resultaten vermeld in tabel 4.

	brugklas	4 VWO	a.s. biologe- gieeraren
A.1. metafysische (evenwichts-)voorst.	55%	46%	38%
A.2. statische evenwichtsvoorstellingen	45%	54%	7%
A.3. dynamische evenwichtsvoorstell.	-	-	53%
A.4. non-evenwichtsvoorstellingen	-	-	2%
B.1. metafysische relationele voorst.	3%	8%	48%
B.2.1./B.2.2. lineaire relationele v.	47%	24%	9%
B.2.3./B.2.4. circulaire relationele v.	28%	24%	14%
B.2.5./B.2.6./B.2.7. systeemvoorstell.	-	14%	29%
B.3. kwantitatieve relationele voorst.	22%	30%	-

onderwijs m.b.t. ecologische inhouden in het bijzonder zich richt op milieuge-  
drag, dan kunnen lerenden dat uitsluitend doen vanuit hun kijk op de werkelijk-  
heid (Watzlawick e.a., 1970; Watzlawick, 1978; Boersma, 1982). Onderwijs zal dus  
aan moeten sluiten bij de leefwereldtaal van lerenden, ook als het gaat om zeer  
complexe begrippen als biologisch evenwicht.

Twee niet noodzakelijk gescheiden wegen lijken mogelijk. De eerste is door  
Ten Voorde (1977) o.m. als volgt omschreven:

'Door uit te gaan van niet te grote anticipatiespanning in de probleemstelling  
wordt verwacht dat leerlingen vanuit hun eigen achtergrond aan het gesprek kun-  
nen deelnemen, waarbij in het samenspreken niveauverhoging kan ontstaan. Hier-  
voor wordt empirisch inleiden noodzakelijk geacht, omdat vanuit ervaring met  
empirische verschijnselen een empirische terminologie wordt verkregen. Hierdoor  
wordt schematisering van deze terminologie tot een verarmde vaktaal mogelijk en  
wordt de kloof tussen deze taal en de rijke leefwereldtaal voorkomen.' (p. 332).

Een tweede weg zou kunnen zijn om voorstellingen van lerenden op te nemen in  
het onderwijsleerproces. Wat het voortgezet onderwijs betreft zou er t.a.v.  
biologisch evenwicht van uit gegaan kunnen worden dat zij beschikken over een  
statisch evenwichtsbegrip. Dit begrip dat steunt op ervaring uit de dagelijkse  
praktijk, zou door de docent in een biologische context geplaatst kunnen worden.  
Dat zou kunnen leiden tot voorspellingen t.a.v. die biologische context die  
daarna besproken en/of getoetst kunnen worden.

Biologisch evenwicht blijft echter een theoretisch modelbegrip, dat zich nauwelijks laat toetsen aan de empirie. Overwogen zou dan ook kunnen worden om het onderwijs allereerst te richten op de verdere ontwikkeling van relationele begrippen, en met name op kwantitatieve relationele voorstellingen. Of daarna in korte tijd naar het begrip biologisch evenwicht overgestapt kan worden (zie Eulefeld & Scaefers, 1978), lijkt gezien het modelmatige karakter van het begrip de vraag.

In ieder geval mag niet vergeten worden dat lerenden in veel gevallen t.a.v. de natuur en evenwicht in de natuur metafysische voorstellingen hanteren. Ook deze voorstellingen, dit geloof, is voor hen een realiteit. En dat zal het wellicht wel blijven ook, want:

'In one form or another a balance - of - nature concept is a part of most cosmologies. When nature is viewed anthropomorphically, the balance of nature is thought to be within the power of gods, and man assists in maintaining it by prayer, sacrifice, and ritual.' (Egerton, 1972, p. 325).

In het hierboven beschreven vooronderzoek is aan categorieënsysteem gepresenteerd waarin zowel wetenschappelijke voorstellingen als voorstellingen van leerlingen en a.s. biologieleeraren m.b.t. biologisch evenwicht en relaties tussen organismen onderling en hun omgeving konden worden ondergebracht.

Met het hier gepresenteerde categorieënsysteem worden twee dingen beoogd. In de eerste plaats beoogt het verschillen te helpen benoemen tussen voorstellingen zoals vermeld, zoals die in het onderwijs gehanteerd worden. Daarnaast beoogt het bij te dragen tot de ontwikkeling van een didactische structuur die er op gericht is om op systematische wijze bedoelde voorstellingen m.b.t. de natuur te ontwikkelen.

De consistentie van het categorieënsysteem zal in vervolgonderzoek nader getoetst worden, met name door analyse van uitspraken en interviews van andere (groepen) leerlingen en a.s. biologieleeraren, en door analyse van voorstellingen zoals die in schoolboeken gehanteerd worden. Daarna zal het onderzoek worden uitgebreid met analyses van onderwijsleersituaties waarin door leerlingen/studenten en docenten de hier bedoelde voorstellingen worden gehanteerd, ten einde vast te kunnen stellen op welke wijze in onderwijsleersituaties bedoelde voorstellingen (kunnen) worden ontwikkeld.

Literatuur

- Bateson, G. *Steps to an ecology of mind*, New York: Ballantine Books, 1972.
- Bertalanffy, L. von. *General System Theory*, New York, Braziller, 1968; London: Perguin Books, 1973.
- Boersma, K.Th. Systeem(-realiteit-)denken in een lerarenopleiding. In: *Het Instituutspraktikum*, verslag VULON-congres, 81-104, 1982.
- Bouquet, H.G.L. *Oecologie voor bovenbouw VWO en HAVO*, Amsterdam: Meulenhoff-Educatief, 1971.
- Daele, W.v.d. & Cramer, J. Ecologie: een 'alternatieve' wetenschap ?, *Kennis en methode*, 2, 121-137, 1983.
- Egerton, F.N. Changing concepts of the balance of nature. *Quart. Review of Biology*, 48, 322-350, 1973.
- Ellenberg, H. *Oekosystemforschung*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1973.
- Eulefeld, G. & Schaefer, G. *Biologisches Gleichgewicht*, IPN-Einheitenbank Curriculum Biologie, Lehrerheft, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1978.
- Ewers, M. Kritische Biologiedidaktik, *Biologica Didactica*, 2, 129-192, 1979.
- Gigon, A. Oekologische Stabilität; Typologie und Realisierung. Fachbeiträge zur schweizerischen MAB (Man and Biosphere), *Information*, 7, 1981.
- Jansen, A.J. An analysis of 'balance in nature' as an ecological concept, *Acta biotheoretica*, 21, 86-114, 1972.
- Jantsch, E. *The self-organizing universe*, New York, Oxford: Pergamon Press, 1983.
- Jeuken, M. *Materie, leven, geest*, Assen: Van Gorcum, 1979.
- Schaefer, G. Was ist eigentlich ökologisches Gleichgewicht ? *Umschau*, 73, 20, 1973.
- Shayer, M. & Adey, P. *Towards a science of science reaching, Cognitive development and curriculum demands*, London: Heinemann Educ. Books, 1981.
- Voorde, H.H.ten. *Verwoorden en verstaan*, SVO-reeks 6, Den Haag: Staatsuitgeverij, 1977.
- Voorde, H.H.ten. Das Entstehen des Chemiekontexts im Chemieunterricht. 1. Die Kluft des Nicht-verstehen-könnens: Ein Problem des Unterrichts, *Chimica Didactica*, 9, 138-175, 1983.
- Watzlawick, P. *Wie weet is het ook anders*, Deventer: Van Loghum Slaterus, 1978.
- Watzlawick, P., Beavin, J.H., Jackson, D.D. *De pragmatische aspecten van de menselijke communicatie*, Deventer: Van Loghum Slaterus, 1970.