

Deel I

Bionisch denken – leren van de natuur door Theo Last

Een pleidooi voor een versterking van de samenwerking tussen biologie en techniek.

Inleiding

Volgens betrouwbare schattingen zijn er op de wereld tussen de dertien en veertien miljoen soorten dieren en planten, waarvan er nog geen 2 miljoen zijn beschreven en van een wetenschappelijke naam zijn voorzien.

De levende natuur, waar wij deel van uit maken, heeft een onvoorstelbare hoeveelheid en veelzijdigheid aan oplossingen voortgebracht die als voorbeeld voor de techniek kunnen dienen. Daarmee is het een immens potentieel voor op de toekomst gerichte innovatieve technieken.

Bionica, bioniek, biomimetica, biomimicry

Technische ontwikkelingen komen door de creativiteit en het werk van mensen tot stand en lopen ver achter bij die van de natuur. Veel van deze technische oplossingen belasten ons milieu. We gebruiken teveel energie en onnodig veel materiaal. Een oriëntering op efficiënte technische oplossingen bieden de multifunctionele structuren uit de levende natuur. Dit leren van de natuur is vandaag de dag vervat in het nog jonge kennisgebied **bionica**. (Biomimetica, bioniek, biomimicry)¹ De bionica is een op de toekomst gerichte wetenschap waar we bijzondere innovaties van verwachten. Bionica houdt zich systematisch bezig met de technische omzetting en toepassingen van constructies, procedures en ontwerpfilosofieën aan de hand van biologische systemen, om zo problemen

¹ **Bionica** houdt zich bezig met het decoderen van "uitvindingen van de natuur" en haar innovatieve toepassing van technologie. Bionica is een interdisciplinair veld waarin wetenschappers en technici, en, indien nodig, vertegenwoordigers van andere disciplines zoals architecten, filosofen en ontwerpers samen werken.

op te lossen met aandacht voor een positieve relatie tussen mens, natuur en techniek.

Het idee dat de natuur kan dienen als voorbeeld voor de techniek is niet nieuw. Leonardo da Vinci probeerde al van de natuur te leren om zo de oude droom van het vliegen te verwezenlijken. Het zou ondanks alle pogingen nog 400 honderd jaar duren voordat deze droom uitkwam.

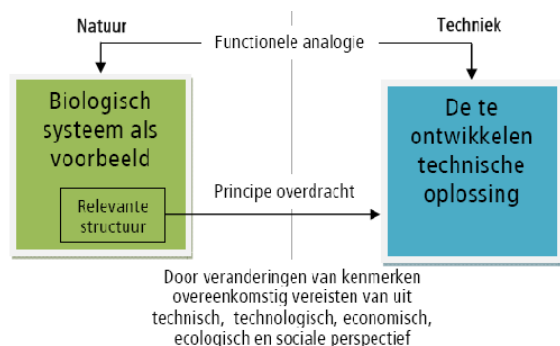
Veel van onze uitvindingen bestaan al heel lang in de natuur.

De gevolgen van menselijk handelen op de natuur is een factor van toenemend belang. Sinds het begin van de industriële productie is er een toenemende daling van de regeneratiecapaciteit van de biosfeer waar te nemen. De vervuiling neemt hand over hand toe. Met name in de industrielanden, vervreemden we steeds verder van de ons omringende natuur. Het herstellen van de harmonie tussen **mens, natuur en techniek** vraagt niet alleen een ander bewustzijn maar ook een andere manier van denken en handelen. Een andere levenshouding. Dit is op school te ontwikkelen. Betrokkenheid bij de natuur als leidend principe is daarom dan ook een noodzakelijk vereiste voor het curriculum van een school. In het techniekonderwijs en de beroepsvoorbereiding wordt een natuurgeoriënteerde scholing binnen "Natuur en techniek" door de vakdisciplines nog te vaak kunstmatig gescheiden. Beter is om het om de fascinatie voor de natuur en het technische te verbinden om daarmee de vervreemding tegen te gaan. Een "joint venture" met de natuur, dat is wat we nodig hebben. Een helder pleidooi voor het versterken van de samenwerking tussen de schoolvakken biologie en techniek.

Om duidelijk te maken waarom dit alles zo belangrijk is beveel ik u de documentaire "Eleventh hour" van Leonardo DiCaprio aan. Hier wordt duidelijk gemaakt in welke positie de mensheid en de wereld zich bevinden.

Op school kan deze samenwerking vorm krijgen door bij technische probleemoplossende processen de levende natuur als voorbeeld te gebruiken. De leerlingen/studenten leren daarbij dat door **analoge** observaties van technische en

biologische systemen nieuwe ideeën voor de realisering van technische oplossingen ontstaan. (Afb. 1.1) De natuur wordt zo een element in het proces van het zoeken naar technische oplossingen. Ook als het niet direct één op één is over te dragen naar een technische oplossing biedt deze benadering een bijdrage aan het overbruggen van de kunstmatige grens tussen de natuur en techniek.



Afb. 1.1: De natuur als inspiratiebron

Processen voor bionisch denken en handelen

In onze, door techniek gevormde, wereld vereist een actieve voorbereiding op deze maatschappij een confrontatie met toekomstige technologieën. Geen algemeen vormend onderwijs zonder techniek.

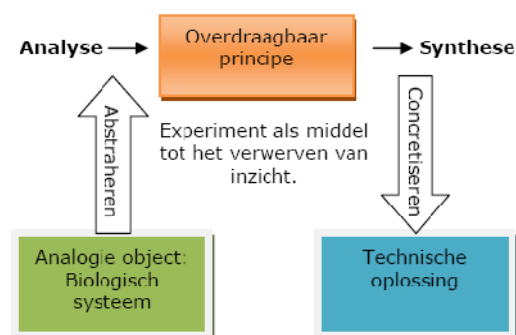
De bionica als verbindende wetenschapsdiscipline kan een centrale plaats innemen binnen het schoolvak techniek doordat ze de geschikt inhouden voor dergelijk onderwijs herbergt. Het maak deel uit van een leergebied, wat het probleemoplossend handelen activeert. De natuurlijke werkelijkheid van biologische systemen als voorbeeld voor technische systemen kunnen zo een bijdrage leveren om de afstand tot de natuur te overbruggen.

Probleemoplossendvermogen vergroten

Door het herkennen van principes in natuurvormen, door analogie en abstractie, en de creatieve omzetting in een technische oplossing kunnen we concrete en praktische toepassingen creëren. Er moeten vooraf meerdere overeenkomstige natuurlijke systemen worden geanalyseerd. Combinaties

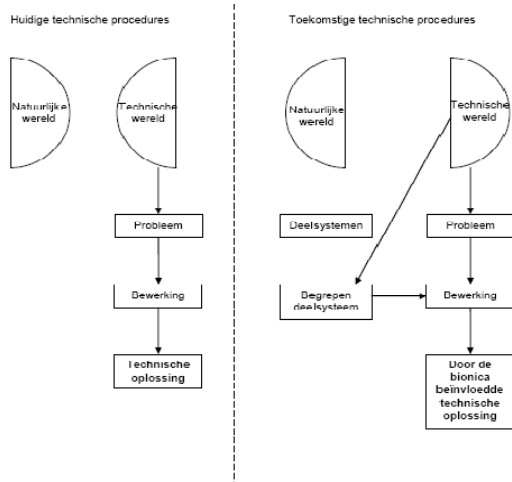
van of variaties op de zo gevonden principes kunnen, afhankelijk van de vereisten, voorwaarden en wensen, in een technische oplossing worden omgezet.

Inzicht verwerven in het operationele principe van een biologische structuur kan door experimenten worden ondersteund. Leerlingen zijn veel beter in staat, de technische oplossing functiegericht te modelleren, als ze de functie begrepen hebben. Door vrije experimenten (Afb. 1.2), waarin mentale en praktische activiteiten zijn verenigd, is het mogelijk om een eerste inzicht in de functie te verwerven.



Afb. 1.2: Functiegericht modelleren door middel van experimenten

Het basisprincipe van de levende natuur, in onze zoektocht naar de ideale "fit" tussen functie en structuur, om met een minimum aan materiaal en energie een maximale prestatie te bereiken, wordt het leidende principe bij het ontwikkelen van oplossingen. Het is gebaseerd op de erkenning dat biologische systemen duurzaam en efficiënt zijn. Voorbeelden hiervan zijn blad en stengelprofielen, de beenderen van het skelet, vleugels en pantsers van de insecten enzovoort.



Afb. 1.3: Huidige en toekomstige technische procedures

Intermezzo

Over de ontdekking van de zaag gaan verschillende verhalen de ronde. Twee van deze verhalen hebben de natuur als inspiratiebron

Volgens de Griekse mythologie zou de zaag een Griekse uitvinding zijn. Twee kandidaten worden als uitvinder genoemd: Talos en Perdix. Het zou in gaan om neven van Daidalos.

Daidalos van Athene was een kundig beeldhouwer en bouwmeester tegelijkertijd. Voordat hij ging beeldhouwen kenden mensen alleen maar standbeelden met gesloten ogen en slappe armen. Maar Daidalos maakte de beelden juist erg levendig. Hij maakte beelden zo, dat het leek alsof het een beweging uitvoerde. Door alle roem werd hij ijdel en jaloers. Zijn neef Talos, die door hem werd opgevoed, was bij hem in de leer. Het bleek al snel dat hij talent had, dit zou hem bekender maken dan Daidalos. Zo had hij eens een kaakbeen van een slang gevonden en zag hij dat er scherpe tanden aanzaten, waarmee je een plank doormidden kon zagen. Talos maakte het kaakbeen in ijzer na en werd uitvinder van de 'zaag'.

In een andere versie zou of Talos of Perdix op jeugdige leeftijd een vis gezien hebben met een stekelrug. Die vis met stekelrug inspireerde hem tot het maken van een rij tanden in een stuk ijzer: een zaag dus.

Ook bionica heeft ondanks haar enorme diversiteit beperkingen. Alle organismen hebben zich moeten aanpassen om de beperkingen die door de wetten van de fysica worden opgelegd te overwinnen. De natuur heeft daar heel wat ervaring in opgedaan waar

wij als mens nog jarenlang leren uit kunnen trekken. Maar bionica is slechts een bron van inspiratie, niet de oplossing van al onze problemen. Het is geen algemeen probleemoplossend proces, maar soms wel een creatief en werkzaam hulpmiddel. Bionica toepassen betekent dus niet het kopiëren van de natuur maar het leren hiervan. Als springplank op weg naar duurzame ontwikkeling kunnen we het gebruiken maar het moet niet. (Afb. 1.3) Of dit, een industrie zonder afval en vervuiling, werkelijkheid zal zijn beslist uiteindelijk de mens zelf.

Strategie natuur georiënteerd leren

Wordt bionica een onderdeel van de leerinhoud dan draagt het ondermeer bij tot analogievorming tussen biologische en technische systemen op basis van systeemfuncties, structuren en processen en de relatie met ecologische doelstellingen. Zo kunnen we elementaire ontwikkelingsmechanismen voor een positieve grondhouding t.a.v. van een natuurgeoriënteerde — dus duurzame — technische wereld tot stand te brengen.

Metaforen levert grafische of fotografische vergelijkingen op zoals deze in bionica boeken zijn te vinden. Zo wordt bijvoorbeeld het zwevende zaad van de paardenbloem vaak vergeleken met een geopend valscherf. De ogenschijnlijke gelijkheid van biologische „modellen“ (basiselement) met technische „beeld“ (doelelement) is veelal verbluffend en gezien de historische ontwikkeling niet verwonderlijk.

Zelfs als dit soort beeldvergelijkingen alleen een voorbeeldfunctie innemen en niet geschikt zijn voor een praktische toepassing in het techniekonderwijs — vanwege de grote verschillen in de systeemgrenzen zoals een volledig verschillend krachtenspel, niet reproduceerbare oppervlakte structuren, zoals die van het lotusblad — dan nog levert de bionica meerdere positieve bijdragen aan verschillende leerfuncties:

- Aanzet tot technische creativiteit: de levende natuur als startpunt.² Vanuit een ander perspectief kunnen nieuwe inzichten worden verkregen. Het zet aan tot eigen initiatief en biedt speelruimte voor fantasie.
- Stimulus voor verwachtingsvol verder werken/onderzoeken: er is een werkend voorbeeld!
- Aanzet tot ecologisch denken: effectiviteitsprincipe bij materie- en energieomzetting.
- Respect voor de natuur: voor haar verbazingwekkende verscheidenheid, esthetica maar ook haar kwetsbaarheid.

De analoge manier van denken heeft bij het creatieve constructieproces primair een soort "katalysatorfunctie". (Een katalysator dient in de chemie als starthulp dan wel als versneller, door de noodzakelijke energie voor de activering te verminderen d.w.z. dat de reactie ook zonder dit "tovermiddel" zou verlopen.) Een beroep doen op analogieën met biologische voorbeelden en de mogelijke technische tegenhangers is voor creatief denkende leerlingen een soort „katalyserend tovermiddel" waarmee ze technische procedures aanzienlijk kunnen versnellen.

Enkele andere voorbeelden van overeenkomsten tussen technische en natuurlijke ontwikkelingen.

Zuignappen ►► Octopus en kevers
 Sonar ►► Dolfijnen en vleermuizen
 Propeller ►► Gevleugelde vruchten van de esdoorn.
 Injectiespuiten ►► Bijen
 Zwemvliezen ►► Watervogels en kikkers
 Jetmotor ►► Kwallen en inktvissen

In het onderwijs kun je met bionica niet alleen kijken naar de overeenkomsten, maar ook naar de verschillen, d.w.z. opvallende verschillen tussen biologische en technische oplossingen uitwerken. Deze erkende verschillen kunnen aanleiding zijn om, themaoverstijgend, nogmaals na te denken over hoe de moderne, veelal perfect geachte, techniek sterk verbeterbaar is, bijvoorbeeld:

² Dat willen wij ook! DVD <http://noorderlicht.vpro.nl/dossiers/16463881/> isbn 90-6727-121.7 Hoe de natuur ons de baas is, en hoe de wetenschap en techniek hiervan probeert te leren.

- **Biologische aandrijvingen zijn geluidsarm, technische niet.**
Zelfs veel nieuwe technische producten zijn lawaaimakers en milieuonvriendelijk.
- **Biologische processen verlopen vaak langzaam, technische veel sneller.**

In veel technische disciplines heerst het svh-principe (steeds weer sneller, verder en hoger); het woord „zacht" hoort men zelden. Heden ten dage is een versterkte „multifunctionele technische perfectie illusie" vast te stellen, zoals de volledig overbelaste controle laat zien bij bijvoorbeeld afstandsbedieningen voor multimedia of het steeds verder ophopen van allerlei hulpapparaten in huis, tuin en auto ("exploderend" apparatenpark waarbij de ontwerpers veelal ook nog eens onvoldoende rekening houden met de gebruikers).

Bij het behandelen van dergelijke veelomvattende techniekthema's is door de methodische toepassing van analoge vergelijkingen tussen techniek en biologie **veel** aan nieuw inzicht **te winnen**.



Afb. 1.4: Motiverend lesmateriaal

Om kennis te maken met dit onderwerp is het boekje Bionik, Lernen von der Natur, (2008). Prof. Dr. Bernd Hill, Duden Paetec GmbH Berlijn, isbn 978-3-8355-3018-8

Het boekje bevat voorbeelden en suggesties voor onderzoek en experimenten.

Tenslotte

Goed techniekonderwijs is van essentieel belang voor de ontwikkeling van jongeren en hun voorbereiding op onze technologische maatschappij. Aandacht voor bionica past daarbinnen. Bovendien past het in het concept van doorlopende leerlijnen en biedt aanknopingspunten voor vakoverstijgend leren.

Mooie voorbeelden

Een "bionische" auto gebaseerd op het skelet van een koffervis.

<http://dj.fan.tv/auto/toontext.asp?id=10212>

Een ander voorbeeld: uitgaande van de te realiseren technische functie, zoals bijvoorbeeld een vinbeweging voor de aandrijving van boten, kunnen biologische systemen zoals die van zeezoogdieren en vissen analoog worden bekeken. Functiekenmerken (zie hiervoor ook afb. 1.1 en 1.2) worden vergeleken en aansluitend de overdraagbaarheid van structurele kenmerken. (Bijv. de vinvorm en doorsnede.) op het te ontwikkelen technische systeem. De "tussenkomst" van biologische aandrijfsystemen op basis van voortbeweging door vinnen verlangt allereerst een uiteenzetting van de natuurwetenschappelijke en technische concepten van voortbewegen in water.

Moderne scheepsschroeven hebben een rendement van ten hoogste van 60 tot 70%. Klinkt goed maar een staartvin, als elastisch roer en aandrijving, zet ongeveer 85% van haar energie om in stuwning. **We hebben nog veel te leren!**

Op you tube staan veel inspirerende voorbeelden. Type als trefwoord "biomimetics" in. U vindt dan inspirerende beelden met titels als "Would Nature do it?", "Technology imitates Nature" en "Robots imitates Nature".

Ik wens u veel inspiratie.



Afb. 1.5: Deelgebieden bionica. Er zijn verschillende indelingen mogelijk. Zo wordt ook wel de indeling Constructiebionica-Productiebionica- Ontwikkelingsbionica gehanteerd.

Nawoord: het vakgebied bionica (biologie – elektronica) is nog in ontwikkeling, hierdoor zijn er niet veel boeken die echt geschikt zijn voor het hoger onderwijs. (Duits) Bionik (Biologie – Technik).

Kritiek op bionica is dat de studenten zowel de biologie als techniek moeten begrijpen, het is dus simpel gezegd tweemaal zo moeilijk en zwaar als een techniek- of biologie studie. Basiskennis fysica en functionele zoölogie en botaniek zijn dan ook belangrijk.

Geraadpleegde bronnen en literatuur

<http://www.biokon.net/>

Kesel, A.B., *Bionik*. Fischer kompakt, Frankfurt am Main 2005

Kuhn, B., *Bionik - Der Natur abgeschaut: Wissen auf einen Blick. 100 bilder - 100 Fakten*, Köln, Naumann & Göbel.

Rüte, M., *Bionik: Wissen leicht gemacht*, München, Compact Verlag 2008

Viering, K., *Bionik: Abgekupfert von der Natur*, Berlin Verlag 2009

Vendl, A., *Bionik - Das Genie der Natur*.

Nachtigall, A., *Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*, Editie: 2, Springer, 2002, ISBN 354043660X, 9783540436607.

Nachtigall, W., *Bau-Bionik: Natur - Analogien - Technik*.

http://www.biokon.net/bionik/download/BIOKON_literatur.pdf

Hill, B., *Naturorientiertes Lernen - von der Natur lernen. - In: Tagungsband zum 8. Energietag: Fachtagung für den bildenden Bereich in Thüringen*, Paetec: Berlin, S. 54 - 60. 2001.

Hill, B., *Frag' die Natur - Eine Einführung in Naturorientiertes Lernen. - Verlag Franzbecker: Hildesheim, Berlin 2002.*

Zeiller, W., *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 1e kwartaal 2002