



DOCENTEN TRAINING MATERIAAL



Erasmus+

BioLearn-project

Docenten Training Materiaal

1. Introductie.....	3
2. Over Biomimicry.....	5
Door de natuur geïnspireerde innovatie in context	5
Biomimicry Thinking	6
De negen biomimicry principes.....	8
3. Biomimicry in onderwijs	10
Hoe past BioLearn in het klaslokaal?.....	10
Voordelen van biomimicry in onderwijs	11
Vorbereiding op de 21e eeuw	11
STE(A)M onderwijs	13
Biomimicry als leer methode	15
4. Praktische benaderingen	17
Hoe biomimicry toe te passen in het School Curriculum?	17
Hulpmiddelen	17
Gebruik maken van deze ideeën in het onderwijzen	18
5. Sleutelvaardigheden tot biomimicry.....	21
Functie	21
Strategie.....	21
Analoog denken.....	22
6. BioLearn modules introduceren.....	25
Introductie modules	25
Andere modules.....	28
STE(A)M verbindingen van BioLearn modules.....	30
7. Opzetten van een lerarenopleiding	33
Tijdsschema	33
Lesplan	34
BioLearn – Evaluatie van lerarenopleiding	36
8. Bronnen	39

1. Introductie

Het doel van het BioLearn-project is het bevorderen van de integratie van biomimicry in het formele onderwijs voor de leeftijdsgroep 12-16 jaar. Daarvoor ontwikkelden we 22 modules in 5 talen, die je kunt vinden op de projectwebsite (<https://biolearn.eu/>). Dit document is een “Train de Trainer” richtlijn. Het is speciaal ontwikkeld voor trainers die lerarenopleidingen willen geven over BioLearn-modules of over biomimicry zelf. Het is echter nuttig voor iedereen die nieuwsgierig is hoe biomimicry kan worden toegepast in het onderwijs.

In dit boekje onderzoeken we wat biomimicry is, welke methoden worden gebruikt en hoe het wordt toegepast in het onderwijs. Het biedt ook praktische ideeën, de eigenlijke BioLearn-modules, en het eindigt met een voorgesteld evaluatieformulier voor lerarenopleidingen.

Hoe kan de natuur inspireren?

Het leven op aarde is in 3,8 miljard jaar geëvolueerd tot een model van duurzaamheid. De natuur recycleert afval efficiënt, gebruikt hernieuwbare energie van de zon, is bestand tegen plotselinge veranderingen, past zich in de loop van de tijd aan aan nieuwe omstandigheden en reguleert zichzelf via feedbacklussen. Wat als we de werkingsprincipes in de natuur zouden kunnen gebruiken om te heroverwegen hoe we als mensen leven? Om te floreren zonder de natuurlijke ecosystemen te beschadigen waarvan we afhankelijk zijn voor ons voortbestaan? Dat is waar biomimicry – leren van de natuur – om draait.

Door de natuur geïnspireerd leren neemt ons mee op een reis om de principes te ontdekken die de natuur tot een model voor duurzaamheid maken. Het biedt een kans om te onderzoeken hoe deze principes kunnen helpen bij het aanpakken van enkele van de grootste uitdagingen waarmee de mensheid vandaag wordt geconfronteerd, zoals klimaatverandering en toenemende niveaus van afval en vervuiling. En ten slotte stelt het studenten in staat om hun nieuwe competenties toe te passen om echte oplossingen te creëren die werken.

Onderwerpen – hoe past biomimicry in de klas?

Vakken als wetenschap, technologie, techniek, kunst en wiskunde (STE[A]M) bieden het ideale vehikel voor deze inspirerende en boeiende aanpak. Biologie leert ons bijvoorbeeld hoe voedingsstoffen in een bos circuleren en kan ons helpen te zien hoe technische voedingsstoffen kunnen circuleren in productontwerp. De natuurkunde laat zien hoe krachten kunnen worden ingezet om het energieverbruik te verminderen. Technologie en engineering kunnen de natuurwetenschap gebruiken om nieuwe producten, processen en systemen te bouwen die op elegante wijze de duurzaamheid van de natuur weerspiegelen.

Zie meer over dit onderwerp: STE(A)M onderwijs hoofdstuk op p. 11.

Bio- wat?

Wanneer we een wandeling in de natuur maken, kunnen we observeren hoe deze functioneert. Als we goed kijken, zien we dat dezelfde principes steeds weer worden herhaald; dit zijn de basisprincipes waarmee de natuur duurzaam kan zijn. We noemen dit op de natuur geïnspireerd leren.

Leerlingen die verbonden zijn met de natuur zullen ontdekken dat de natuur een mentor kan zijn en inzichten kan bieden die inspireren tot het bouwen van een betere toekomst. Onderzoekend leren kan worden gebruikt om inspiratie te bevorderen en een verlangen naar begrip te stimuleren.

Achtergrond

Eind jaren negentig kwam er een revolutionair idee op het toneel, geleid door een innovatieve denker en gevoed door tientallen nieuwsgierige en gepassioneerde individuen. In het boek *Biomimicry* (1997) introduceerde Janine Benyus het idee dat we beter af zouden kunnen zijn door simpelweg de manieren na te bootsen waarop problemen in de natuur worden opgelost; dit idee is transformerend gebleken.

In het boek (*Biomimicry – Innovation Inspired by nature*, 1997) somt Benyus negen principes op die bepalen en bepalen hoe de natuur werkt.

1. De natuur draait op zonlicht
2. De natuur gebruikt alleen de energie die het nodig heeft
3. De natuur gebruikt de vorm die bij de functie past
4. De natuur recyclet alles
5. De natuur beloont samenwerking
6. De natuur steunt op diversiteit
7. De natuur vereist lokale expertise
8. De natuur streeft naar balans
9. De natuur benut de kracht van grenzen

Lees meer over de 9 principes op p. 8.

De pijlers van het project (BioLearn)

Het BioLearn-project helpt jongeren na te denken over wat voor toekomst ze zouden willen leven. Hoe kunnen zij bijdragen aan die toekomst? BioLearn helpt studenten om hun ideeën voor een betere wereld om te zetten in realiteit. BioLearn daagt traditionele veronderstellingen uit over hoe dingen worden gemaakt en hoe hele economieën worden beheerd. BioLearn gaat over het herdenken van de toekomst, een toekomst die nu al gebeurt omdat veel bedrijven al gefascineerd zijn door de natuur en innovatief genoeg zijn om 'bio-geïnspireerd' ontwerp te creëren.

De pijlers van het BioLearn-project zijn (Figuur 1)

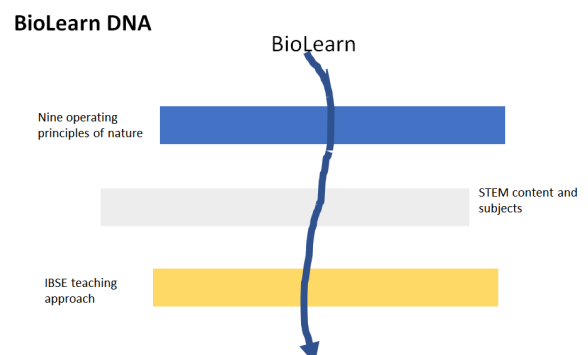
- STE(A)M/wetenschappelijk onderwijs
- 9 biomimicry principes (Benyus)
- Onderzoekend Leren (IBL)

Figuur 1: De pijlers van het BioLearn-project

What's in a name?

Er zijn verschillende termen die verwijzen naar of gerelateerd zijn aan leren van de natuur/natuur geïnspireerde innovatie. Zie de woordenlijst op <https://biolearn.eu/> voor meer info

- Bio-inspired
- Bio-based
- Biomimicry
- Learning from nature
- Bionics
- Biomimetics



2. Over Biomimicry

Biomimicry is een ontwerpmethodede die kennis uit de natuur gebruikt als inspiratie voor duurzaam ontwerpen. Het is een interdisciplinaire benadering die natuur, biologie, design en technologie samenbrengt. Biomimicry kan voor meer worden gebruikt dan alleen voor ontwerp - een van de mogelijkheden ligt in het onderwijs.

De overvloed van de natuur biedt de mensheid een schat aan kennis om de grootste uitdagingen van onze tijd aan te gaan, als we er maar voor kiezen om te kijken. De term biomimicry werd voor het eerst gebruikt door Janine Benyus in haar boek 'Biomimicry: Innovation Inspired by Nature' (1997). Biomimicry, van de Griekse woorden 'bios' wat leven betekent, en 'mimesis' wat nabootsen betekent, is kennis uit de natuur gebruiken als inspiratie voor duurzaam ontwerp. Het is een interdisciplinaire benadering die natuur, biologie, design, business en technologie samenbrengt. Biomimicry contains three essential elements:

Ethos, (opnieuw) verbinden en emuleren (Figuur 2).

Het ethos-element inspireert de ethische bedoelingen en verklaart de onderliggende filosofie waarom en met welk doel biomimicry zou moeten worden beoefend. Ethos staat voor ons respect voor, onze verantwoordelijkheid voor en onze dankbaarheid voor onze medesoorten en planeet Aarde, ons thuis.

Het element (re)connect brengt het besef naar boven dat wij als mens de natuur zijn. Volgens Benyus worden de natuur en de mensheid nu vaak als aparte onderdelen gezien.

Het is het doel van biomimicry om deze twee te herenigen. (Her)verbinden is een oefening en een mindset die deze relatie tussen mens en de rest van de natuur onderzoekt en verdiept.

Het emulate-element brengt biomimicry op de meest praktische manier naar voren: het gaat om het zoeken naar duurzame oplossingen door principes, patronen, strategieën en functies uit de natuur te begrijpen.

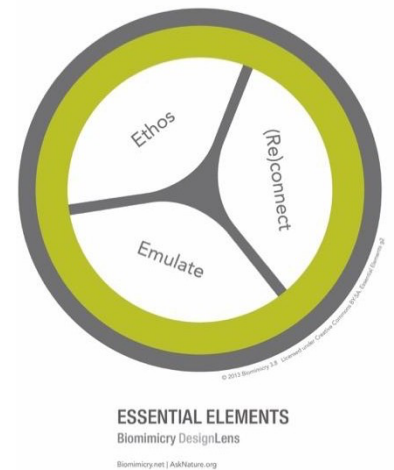


Figure 2: Essential elements of biomimicry (<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-essential-elements/>)

Het Biomimicry Institute heeft verschillende tools ter beschikking gesteld die ontwerpers kunnen gebruiken, de Biomimicry DesignLens. Biomimicry kan op drie verschillende niveaus worden ingezet; om producten, processen of complete systemen te ontwerpen. Bijvoorbeeld; [leren van esdoornzaden en ijsvogelvogels hoe inkomende wind te kanaliseren om wortellekkage aan te pakken](#) (product). [Leren van koraal om kleurrijk textiel te maken](#) (proces). [Of leren van prairies hoe je op veerkrachtige manieren voedsel kunt verbouwen](#) (systeem).

Door de natuur geïnspireerde innovatie in context

Sinds mensen voor het eerst begonnen te jagen, hebben we geleerd van de natuur (denk aan de vorm van een speerpunt ... het is de snavel van een vogel na te bootsen). Leonardo da Vinci besteedde vele uren aan het observeren hoe de natuur werkte en ontwierp wonderbaarlijke uitvindingen op basis van zijn ontdekkingen. Hij was niet erg succesvol in het bouwen van een vliegtuig, maar de reden dat we tegenwoordig de wereld rond kunnen vliegen, is omdat Leonardo da Vinci observeerde hoe vogels hun vleugels gebruikten om lift te creëren en zich afvroeg of we hetzelfde konden doen.

Een aanzienlijk aantal organisaties uit verschillende sectoren vertrouwen al op door de natuur geïnspireerde benaderingen van innovatie voor het succes en de verdere ontwikkeling van hun producten en diensten. Voorbeelden variëren van technologie (bijvoorbeeld het gebruik van neurale netwerken door Google en Apple, een op de natuur geïnspireerde kunstmatige intelligentietechnologie), geneeskunde (bijvoorbeeld immunotherapie, een op de natuur geïnspireerde medische interventie), infrastructuur, transport, productie en meer. Door de natuur geïnspireerde innovatie is nu al een belangrijke motor van economische groei wereldwijd. Eén studie schat dat door de natuur geïnspireerde, innovatiegerelateerde werkgelegenheid alleen al in de Verenigde Staten meer dan 1,5 miljoen banen oplevert.

Het bedrijf Parker Hannifin, bijvoorbeeld, gespecialiseerd in lucht- en ruimtevaart-, klimaatbeheersings-, elektromechanische en filtratietechnische oplossingen, heeft onlangs op de natuur geïnspireerde innovatie toegepast bij de ontwikkeling van industriële slangen die nu in de cementindustrie worden gebruikt. Hun Vice-President of Technology and Innovation legt uit waarom: "Je wilt niet investeren in oplossingen die in de toekomst moeten worden opgegeven", zegt Peter Buca. "De natuur biedt oplossingen die praktisch en duurzaam zijn. Als industrieel bedrijf is het belangrijk voor ons om die waarde te begrijpen."

Kijken naar de natuurlijke wereld voor innovatieve ideeën is een vast onderdeel van de onderzoeks- en ontwikkelingsinspanningen bij Airbus. Airbus doet onderzoek naar haaienhuid als een model voor het verminderen van luchtweerstand op vliegtuigen door het aanbrengen van microtextuur op vliegtuigrompen. En albatrossen dienden als model voor verbeteringen in het vleugelontwerp. Airbus's innovatiemanager in vluchtfysica, Lee-Ann Ramcherita, legt uit dat "inzicht in hoe insecten, vogels of vleermuizen schommelingen in de omringende luchtstroom detecteren en erop reageren, ons mogelijk kan helpen bij het identificeren van mogelijkheden voor toepassing op ons vliegtuig." Industrieën zoeken steeds vaker naar de natuur voor innovatieve ideeën en zoeken naar medewerkers die daarbij het voortouw kunnen nemen.

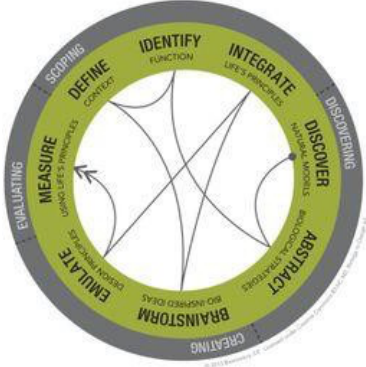
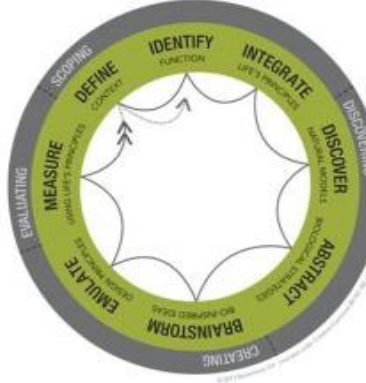
Zoals Steve Jobs het kort voor zijn dood in een interview zei: "Ik denk dat de grootste innovaties van de eenentwintigste eeuw zich op het snijvlak van biologie en technologie zullen bevinden."

Biomimicry Thinking

Biomimicry Thinking biedt context aan waar, hoe, wat en waarom biomimicry past in het proces van elke discipline of elke ontwerpschaal. Biomimicry Thinking is een raamwerk dat bedoeld is om mensen te helpen biomimicry te beoefenen terwijl ze iets ontwerpen. Er zijn vier gebieden waarop een biomimicry-lens de meeste waarde biedt aan het ontwerpproces (onafhankelijk van de discipline waarin het is geïntegreerd): scoping, ontdekken, creëren en evalueren. Door de specifieke stappen binnen elke fase te volgen, wordt de succesvolle integratie van de strategieën van het leven in menselijke ontwerpen gegarandeerd.

Er zijn twee mogelijke routes voor het gebruik van Biomimicry Thinking. Men kan ofwel vertrekken vanuit de biologie, ofwel vanuit een (technische of maatschappelijke) uitdaging. De eerste (Biology to Design) begint met een organisme, ecosysteem of natuurlijk fenomeen. Bij het observeren van dat natuurlijke object (bijvoorbeeld een boom) kan een ontwerper of ingenieur de vraag stellen: 'Wat kunnen we van de boom leren over hoe de bladeren op de takken zijn geplaatst?'

De tweede route (Challenge to Biology) begint bij een bepaalde uitdaging. Dat kan een uitdaging zijn als "De buurt koelen in de zomer" of "Vliegen over lange afstanden". De twee mogelijke routes zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Beide routes volgen dezelfde stappen van Biomimicry Thinking, maar het startpunt is anders, zoals je kunt zien in figuur 3 en 4.

Biologie naar design	Challenge naar Biologie
 <p data-bbox="379 734 555 824"> BIOMIMICRY THINKING Biomimicry DesignLens BIOLOGY TO DESIGN <small>Biomimicry.net AaHofstede.org</small> </p> <p data-bbox="220 869 705 907">Figuur 3: van biologie naar design thinking</p>	 <p data-bbox="1005 734 1181 824"> BIOMIMICRY THINKING Biomimicry DesignLens CHALLENGE TO BIOLOGY <small>Biomimicry.net AaHofstede.org</small> </p> <p data-bbox="861 869 1289 907">Figuur 4: van challenge naar biologie</p>

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking/>

<p>Kijk eens naar een boom, welke kenmerken kun je ontdekken en wat kunnen we eigenlijk leren van deze boom of bomen in het algemeen?</p>	<p>Klimaatverandering vormt een enorme uitdaging en het kan interessant zijn om wat inspiratie uit de natuur te halen om dat aan te pakken.</p>
<p>Hoe komt het dat het koeler aanvoelt onder de bomen die anderhalve kilometer verderop aan de weg?</p>	<p>Vermindering van de CO2-uitstoot in het luchtverkeer/vliegtuigen.</p>
<p>Wat kunnen we van een boom leren over 'de omgeving afkoelen'?</p>	<p>Hoe vliegt de natuur over lange afstanden zonder veel energie te verbruiken?</p>
<p>Verdamping van water en het creëren van schaduw dragen beide bij aan afkoeling van de omgeving.</p>	<p>Kijk naar zaden van bomen en andere planten, naar 'verre' vogels zoals de albatros.</p>
<p>Hoe zouden we dit principe kunnen toepassen op gebouwen in de stad?</p>	<p>Het gebruik van een specifieke vorm (albatrosvleugel, zaad van een esdoorn) en specifiek materiaal (poreus, lichtgewicht).</p>
<p>Creëer platte waterreservoirs op het dak van hoge gebouwen die bij regen vollopen en bij een bepaalde temperatuur beginnen te verdampen.</p>	<p>Vliegtuigvleugels maken van lichtgewicht materialen in combinatie met een structuur/vorm die gebruik maakt van het principe van uplifting.</p>

Tabel 1: Twee manieren om Biomimicry Thinking toe te passen

Zie deze twee routes met activiteiten in de [Marvellous models](#) module.

De negen biomimicry principes

We kunnen leren van de natuur door aanpassingen van specifieke organismen (zoals de snavel van de ijsvogel) te bestuderen. We kunnen ook leren van diepe principes die overal in de natuur te vinden zijn, en die bijna alle organismen ook naleven. Janine Benyus bespreekt negen principes in haar boek, en in biomimicry worden deze zowel als inspiratie voor onze ontwerpen als als evaluatiecriteria gebruikt. Wanneer we onze ontwerpen toetsen aan deze negen principes, krijgen we een indicatie van de duurzaamheid van onze ontwerpen en hoe we die kunnen verbeteren.

1. De natuur draait op zonlicht

De natuur gebruikt zonlicht als de belangrijkste energiebron. Organismen gebruiken warmte en UV-straling van deze oneindige bron. We kunnen zeggen dat de natuur wordt aangedreven door zonneshijn. Mensen gebruiken fossiele brandstoffen, deze bronnen zijn niet hernieuwbaar, en bij de verbranding ervan ontstaat CO₂, een van de gassen die klimaatverandering veroorzaakt. Waarom doen we niet hetzelfde en voorkomen we de klimaatcrisis? Een wijs persoon zou de natuur nabootsen en vertrouwen op hernieuwbare energie.



2. De natuur gebruikt alleen de energie die zij nodig heeft

De natuur neemt alleen wat het nodig heeft. Waarom doen wij niet hetzelfde? Onze economie is gericht op het maximaliseren van de output en is een grote energieverbruiker. We vervoeren voedsel over de hele wereld omdat dat economisch goedkoper is. Bij veel beslissingen lijkt alleen geld te tellen, niet het energieverbruik en de impact op de natuur. Hoe kunnen we leren de prestaties van goederen en diensten te optimaliseren om energie te slurpen in plaats van het op te slokken?

3. De natuur gebruikt de vorm die bij de functie past



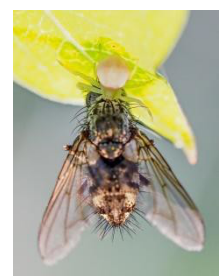
Een boom is in de grond geworteld om water en voedingsstoffen uit de grond te halen; het spreidt zijn takken en bladeren wijd om het oppervlak te vergroten en zonlicht te absorberen om energie te produceren en te groeien. Zaden zijn licht van gewicht en sommige zijn zelfs uitgerust met een soort paraplu zodat ze in de lucht kunnen zweven. De natuur maakt ontwerpen voor de functie die ze bieden, net als onze gebouwen, transportsystemen en scholen.

4. De natuur recyclet alles

Er is geen 'weg' om dingen weg te gooien. Alles wat in de natuur wordt geproduceerd, is biologisch afbreekbaar, er is geen afval. Er kan nog steeds overvloed zijn, kijk naar alle bloesem aan een kersenboom, maar dat heeft allemaal een doel en zal voedsel en voedingsstoffen zijn voor anderen. Zodra het natuurlijke leven van een dennenappel is gekomen en gegaan, valt het uiteen in essentiële elementen die worden hergebruikt in nieuw leven.

5. De natuur beloont samenwerking

We zien concurrentie in de natuur, maar alleen als het onmogelijk te vermijden is; concurrentie kost over het algemeen te veel energie. Aan de andere kant bestaat er in de natuur maar heel weinig geïsoleerd. Planten werken samen met bestuivers om zaden te verspreiden en de bestuivers voeden zich met nectar. Lieveheersbeestjes voeden zich met bladluizen en helpen planten gezond te blijven. De natuur is



voorzitter van samenwerking omdat het de gezondheid van het hele systeem in stand houdt.

6. De natuur steunt op diversiteit

Diversiteit is een van de beste verzekeringen van de natuur. Wanneer een voedselbron niet beschikbaar is, kunnen andere worden gevonden. Planten gebruiken verschillende strategieën om zaad te verspreiden of zich te verdedigen tegen roofdieren. We weten dat soorten met een beperkte genetische diversiteit meer moeite hebben om zich aan te passen aan veranderingen in het milieu, en dat ecosystemen die rijk zijn aan diversiteit stabiel zijn.

7. De natuur vereist lokale expertise

De systemen van de natuur zijn inherent lokaal. Bepaalde soorten gedijen onder specifieke omstandigheden; lokale en regionale weerpatronen zijn van belang, net als andere omstandigheden zoals bodem, luchtkwaliteit en watertemperatuur. Relaties worden lokaal gemaakt en lokale bronnen worden gebruikt. Natuurlijk, sommige vogels reizen lange afstanden, maar heb je ze hun voedsel mee zien nemen?

8. De natuur streeft naar balans

(Oorspronkelijk in het boek van Benyus: De natuur beteugelt excessen van binnenuit.)
Ecosystemen proberen in evenwicht te blijven. Meer muizen? Dan zie je meer uilen om zich met de muizen te voeden en de populatie in evenwicht te houden. Bosbranden zijn een goed voorbeeld van een natuurlijk fenomeen dat vernieuwt en verfrist, overmatige groei vermindert en regeneratie mogelijk maakt. Elk natuurlijk systeem heeft een kantelpunt, een draagkracht of een toestand van onevenwichtigheid die een verandering naar een andere toestand veroorzaakt.

9. De natuur benut de kracht van beperkingen

Onbeperkt groeien op een eindige aarde is geen goed idee. Alle levende wezens worden beheerst door beperkingen; leeftijd, klimaat, bevolkingsdichtheid en vele andere factoren bepalen hoe soorten en systemen zich ontwikkelen. De natuur heeft ingenieuze manieren gevonden om binnen deze grenzen te werken om op de lange termijn zo productief mogelijk te zijn.



De lijst met biomimicry-principes van Janine Benyus laat ons zien dat we oneindig veel kunnen leren als we alleen maar op onze omgeving letten.

3.

Biomimicry in onderwijs

Hoe past BioLearn in het klaslokaal?

Omdat het gebruik maakt van het wonder van de natuurlijke wereld en alles wat het ons te leren heeft, is op de natuur geïnspireerd leren zowel fascinerend als oplossingsgericht, een buitengewoon krachtige combinatie. Dit is de reden waarom op de natuur geïnspireerd onderwijs het waargenomen optimisme, ambitie en uiteindelijk een gevoel van empowerment creëert. Zoals Angela Nahikian, Head of Sustainability bij Steelcase het verwoordde: "Biomimicry biedt een nieuwe lens voor alle dromers en doeners die de door mensen gemaakte wereld opnieuw maken."

Het nettoresultaat van het verrijken van schoolvakken met behulp van op de natuur geïnspireerde onderwijsbenaderingen kan een dramatische toename zijn van de waardering van studenten voor de wereld om hen heen, hun interesse in het creëren van positieve verandering in zichzelf en de samenleving, en in het nastreven van vervolgonderwijs en carrières om hen te helpen dit te doen. dus.

Op de natuur geïnspireerd onderwijs heeft de kracht om interesse en enthousiasme op te wekken bij leraren, net als bij studenten, waardoor hun energie en lespraktijk nieuw leven wordt ingeblazen. Leraren reageren net als studenten op het feit dat leerstof wordt verrijkt door een op de natuur geïnspireerde benadering. Jarenlange samenwerking met docenten door middel van workshops en professionele ontwikkeling heeft dit feit overduidelijk gemaakt.

Drie redenen om op de natuur geïnspireerd leren te gebruiken.

- Op de natuur geïnspireerd onderwijs hoeft geen nieuwe inhoud aan de leerplannen toe te voegen.
- Een breed scala aan academische ideeën en onderwerpen kan worden benaderd door op de natuur geïnspireerd leren.
- Academische ideeën en onderwerpen worden verkend in verband met de boeiende context van de natuurlijke wereld.

"I feel that this class has offered me a mind-blowing professional development experience! A tsunami inside me is bursting to share all that I learned in our class with my students."

Lillian Ortiz, IC Community School, Oakland, California

Voordelen van biomimicry in onderwijs

Biomimicry kan meerdere voordelen bieden voor het onderwijs. Het kan voor jongeren een nieuwe manier zijn om de natuurlijke wereld te bekijken en te waarderen. De natuur is niet alleen iets om over te leren in bijvoorbeeld biologielessen, de natuur is ook een bron van wijsheid waar we van kunnen leren.

Biomimicry kan ook dienen als een boeiende manier om STE(A)M-onderwerpen aan studenten te presenteren. Mensen proberen al heel lang de wijsheid van de natuur te gebruiken. Tegenwoordig gaan we door met deze gewoonte en docenten kunnen hiervan profiteren door hun studenten te betrekken bij biologie door middel van actieve leeractiviteiten. Ze kunnen ook voorbeelden in biomimicry gebruiken die tegelijkertijd de thema's wetenschap, technologie, techniek en wiskunde behandelen.

Bovendien kan biomimicry worden gebruikt om een interdisciplinair platform te creëren dat studenten met elkaar en de natuurlijke wereld buiten het traditionele klaslokaal verbindt.

Biomimicry verbetert de creativiteit en het probleemoplossend vermogen van studenten door middel van ontwerpen en andere projectmatige activiteiten. Robert Fisher onderzocht hoe denkvaardigheden het leren kunnen beïnvloeden. Hij onderzoekt manieren om studenten te helpen kritische, creatieve en fantasierijke gemoedstoestanden te ontwikkelen. Door hun denkvaardigheden te verbeteren, gelooft hij dat studenten hun leerproces beter kunnen begrijpen. Het gebruik van biomimicry bij het leren raakt dit onderwerp, omdat het studenten leert kritisch na te denken over waarom bepaalde patronen zoals vlekken of lijnen in de natuur voorkomen. Het onderzoek van Mahgoud (Alawad, 2014) laat zien dat het aanleren van biomimicry langdurige effecten heeft, waaronder de ontwikkeling van vaardigheden als zelfreflectie en kritisch en creatief denken. Het laat ook zien dat biomimicry een positieve invloed kan hebben op de ontwerpbeslissingen en denkvaardigheden van studenten.

Ten slotte zou biomimicry kunnen worden gebruikt om een betere leeromgeving in de klas zelf te creëren. Een van de essentiële elementen van biomimicry is het (opnieuw) verbinden met de natuur. De meeste klaslokalen laten niet veel natuurlijk zonlicht binnen, terwijl is aangetoond dat natuurlijk zonlicht de leerproductiviteit van leerlingen kan verhogen. Door de natuur als voorbeeld te nemen, kan een klaslokaal opnieuw worden ontworpen, waardoor er meer natuurlijk zonlicht de kamer binnenkomen.

Vorbereiding op de 21e eeuw

Studenten moeten voorbereid zijn op problemen van de toekomst. De samenleving heeft de afgelopen decennia een enorme transformatie ondergaan met steeds sneller veranderende technologie en economie. Studenten moeten voorbereid zijn om zich aan te passen aan deze bewegingen in de 21e eeuw, waarvoor een reeks vaardigheden nodig is voor succes, zoals voorgesteld door opvoeders, bedrijfsleiders, academici en overheidsinstanties. Deze vaardigheden worden de 21e eeuwse vaardigheden genoemd:

Leer- en innovatievaardigheden:

- Creativiteit
- Innovatie
- Communicatie & Samenwerking
- Problemen oplossen
- Kritisch denken

Digitale geletterdheid:

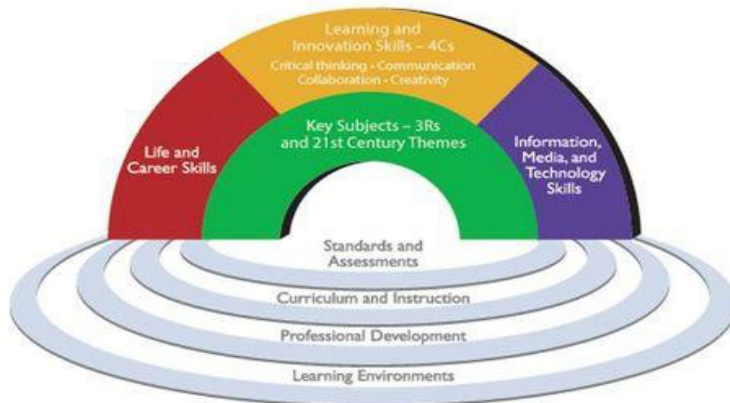
- Informatievaardigheden
- Mediawijsheid
- Informatie- en communicatietechnologieën (ICT)

Loopbaan- en levensvaardigheden:

- Flexibiliteit en aanpassingsvermogen
- Zelfregulering
- Sociale en culturele interactie
- Productiviteit

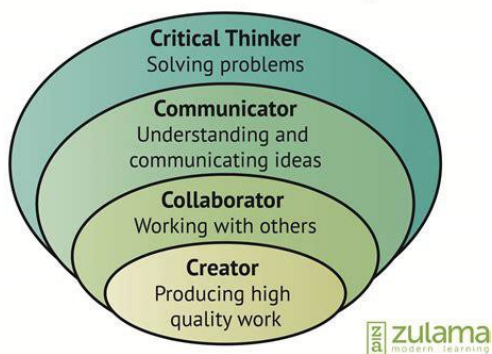
Deze vaardigheden verschillen van academische vaardigheden omdat deze vaardigheden niet primair gebaseerd zijn op het direct verwerven van kennis, maar meer op het proces van het verwerven van deze kennis. Ze kunnen ook worden aangeduid als "soft skills" of "toegepaste vaardigheden".

Twee bekende modellen zijn de P21- en de Four Cs-modellen, die in onderstaande figuren worden toegelicht.



Figuur 5: The P21 Model describing how 21st century skills are organized (https://en.wikipedia.org/wiki/21st_century_skills#/media/File:Framework_for_21st_Century_Learning.svg)

The Four Cs of 21st Century Skills



Figuur 6: The Four Cs model describing how 21st century skills are organized (https://www.researchgate.net/figure/The-4Cs-super-skills-Van-Gelder-2001-For-example-when-the-Council-of-all-Australian_fig1_272356548)

Biomimicry heeft inherent een groot potentieel om studenten aan te zetten om aan deze soft skills te werken. Vooral creativiteit is volgens docenten en experts het hardst nodig en het beste gedekt door biomimicry.

Interdisciplinariteit

Projectmatig leren is succesvol gebleken. Een mogelijke factor die bijdraagt aan dit succes is de interdisciplinariteit die daarin zou kunnen worden opgenomen. Interdisciplinariteit wordt het best gedefinieerd als wanneer onderscheidende componenten afkomstig zijn uit twee of meer verschillende disciplines. Er wordt betoogd dat het grootste obstakel voor de implementatie van interdisciplinariteit is dat de meeste deelnemers aan interdisciplinaire ondernemingen zijn opgeleid in traditionele afzonderlijke disciplines. Ze hebben niet geleerd op andere manieren te denken dan hun discipline voorschrijft. Omdat wordt gezegd dat interdisciplinair denken iemands vermogen tot kritisch denken, communicatie, creativiteit en pedagogiek vergroot, is het van cruciaal belang om studenten vroeg op te leiden met interdisciplinaire benaderingen. Biomimicry wordt in de behoefteanalyse genoemd om bij te dragen aan een interdisciplinaire aanpak, omdat het open vragen oplevert met meerdere visies en aspecten die onderzocht moeten worden zonder dat deze vooraf gedefinieerd zijn.

STE(A)M onderwijs

Biomimicry is een benadering van innovatie die duurzame oplossingen zoekt voor menselijke uitdagingen door de beproefde patronen en strategieën van de natuur na te bootsen. Door het interdisciplinaire karakter kan kennis uit veel verschillende disciplines zoals natuur en biologie, (bio-)technologie, techniek en wiskunde worden gecombineerd. Daarom kan biomimicry een waardevolle methode zijn om te gebruiken bij het lesgeven in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) of STEAM (adding Arts) onderwijs - we gebruiken het hierna als STE(A)M-onderwijs. Deze verklaring past goed bij het BioLearn-project, aangezien dit project zich richt op het verstrekken van lesmateriaal en training over het onderwerp biomimicry voor STE(A)M-docenten voor jongeren in de hele Europese Unie. Door biomimicry te zien als een methode waarmee leren in verschillende schoolvakken kan plaatsvinden, opent zich een breed scala aan mogelijkheden voor de implicatie van biomimicry in het onderwijs.

Om aansluiting te vinden bij het schoolsysteem is het gebruik van innovatieve pedagogische benaderingen cruciaal. Dit is een uitdaging voor docenten en ontwikkelaars van educatief materiaal. Door het gebruik van methodieken die het leren van natuurwetenschappen voor leerlingen betekenisvoller maken, kunnen we een grote verbetering van het leerproces in het STE(A)M-onderwijs realiseren.

De term STE(A)M onderwijs is oorspronkelijk opgericht om studenten te motiveren om onderwijs te volgen in deze disciplines. Het is belangrijk om studenten voor te bereiden om de innovators, opvoeders, onderzoekers en leiders van morgen te worden, en daarvoor hebben ze (basis)kennis nodig van alle STE(A)M-disciplines. Het doel van STE(A)M-onderwijs is ervoor te zorgen dat alle studenten de mogelijkheid hebben om te studeren en zich te laten inspireren door wetenschap, technologie, techniek (en kunst) en wiskunde, zodat ze de mogelijkheid hebben om hun volledige potentieel te bereiken.

Het aanpakken van enkele van 's werelds grootste uitdagingen vereist multidisciplinair denken; biomimicry biedt dit aan.

- Een tekenleraar die schaduw onderzoekt, laat leerlingen iets levends of ooit levends op het schoolplein vinden om te schetsen, zich concentreren op een detail ervan en het op verschillende tijdstippen van de dag schetsen.
- Een leraar die wetenschappelijke methoden verkent, laat leerlingen gedurende een bepaalde periode natuurlijke fenomenen buiten het klaslokaal observeren, waarbij hij vragen voorbereidt over kenmerken die leerlingen opmerken over de natuur en welke functies deze kenmerken kunnen hebben (bijv. Waarom hebben eekhoorns grote, borstelige staarten? Waarom zijn boomtakken vaak scheef, waar dienen onze tenen voor?). De leerlingen kiezen vervolgens één

vraag waarover ze een experiment willen ontwerpen en testen een hypothese over de mogelijke functionaliteit van een functie.

- en natuurkundeklas die leert over atomaire interacties, leest onderzoekspapers over hoe gekko's gladde oppervlakken kunnen beklimmen (zelfs ondersteboven!) door vanderwaalskrachten uit te oefenen.
- Studenten die oplossingen voor klimaatverandering onderzoeken in een naschoolse scheikundeclub, maken koolstofnegatief cement uit uitlaatgassen van auto's, gebaseerd op het chemische proces dat koralen gebruiken om hun steenriffen te bouwen.
- Studenten in een makerlab maken prototypen van uitlaatpijpen van auto's die uitgaande verontreinigende stoffen verwijderen, waarvan het ontwerp is gebaseerd op het onderzoek van de studenten naar hoe zeesponzen voedsel uit zeewater filteren (vanwege elektrostatische aantrekking) en andere biologische filterstrategieën.
- Een leraar die materiaalwetenschap en structurele technische concepten van stress en spanning onderzoekt, laat leerlingen een boom op het schoolplein onderzoeken op aanwijzingen over hoe deze de passerende bries weerstaat, ondanks zijn enorme bladerdak.
- Een leraar die wiskundige concepten van volume en massa onderzoekt, laat leerlingen opkijken van hun bureau, schoolboeken en krijt/wit/smartboards, en uit het raam kijken of naar buiten gaan om te bepalen hoe een wolk die over de school gaat, moet worden gewogen.

Dit optimisme over wat mogelijk is door op de natuur geïnspireerd leren, en wat studenten willen zijn en doen met hun leven, is een van de belangrijkste voordelen. Wat kan de mensheid werkelijk bereiken zonder hoop en ambitie? En toch voelen studenten zich te vaak machteloos in hun opleiding, precies de antithese van waarom we onze jongeren in de eerste plaats opvoeden.

Tot nu toe heeft het STE(A)M Education Initiative zich vooral gericht op de natuurwetenschappen: natuurkunde en scheikunde. Er wordt gezegd dat deze vakken een directer verband hebben met wiskunde en techniek dan biologie. Met biomimicry kunnen we echter gemakkelijk biologie koppelen aan deze meer technische disciplines en zien hoeveel technologische vooruitgang voortkomt uit onderzoek naar biologische systemen. Een paar voorbeelden van hoe biologie technologie heeft geïnspireerd, zijn te zien in tabel 2.

Technologische toepassing	Bron in de natuur
Badpakmaterialen	Dermale denticles van haaienhuid
Voordelige zonnecellen	Processen voor het opvangen en overbrengen van licht in bladchloroplasten
Klittenbandsluiting	Liftend zaad (boor) ontwerp
Bioactieve coronaire stents	Interne slagaderwandfunctie
Droge lijmtoepassingen	Gekko-voetharen
Lopende robots	Kinematische configuraties van een wandelende tak

Tabel 2: Verschillende voorbeelden van hoe biologische technologie heeft geïnspireerd

Biomimicry als leermethode

Biomimicry Design Spiral

The Biomimicry Design Spiral (BDS) biedt docenten en studenten systematische stappen om te beginnen met het ontwerpen van een oplossing om uw probleem op te lossen. De BDS wordt vaak gebruikt als methode om problemen op te lossen en te ontwerpen.

Er is een reden waarom dit gereedschap de vorm heeft van een spiraal. De spiraalgeometrie is overal in de natuur terug te vinden. Ook al noemen we veel processen in de natuur cycli, het zijn in zekere zin allemaal spiralen zoals in de tijd, het eindpunt is meestal niet hetzelfde als het beginpunt. De spiraal weerspiegelt ook de iteratieve aard van het doen van biomimicry.

Biomimicry-professionals gebruiken over het algemeen de in *figuur 7* getoonde spiraal als ze weten welk probleem ze proberen op te lossen. Wanneer u deze aanpak gebruikt, definieert u eerst het probleem en de bijbehorende functies. Als je een lijst met functies hebt, biologeer je ze door die functies te vertalen naar termen die in de natuur voorkomen. De volgende stap is om te ontdekken hoe die functies in de natuur worden uitgevoerd en om natuurlijke modellen te vinden die uw ontwerp kunnen inspireren. Vervolgens abstraheer je de beste voorbeelden uit de natuur en begin je te emuleren door die voorbeelden op te nemen in je ontwerp. De laatste stap is om uw ontwerp te evalueren met de biomimicry-principes als referentie.

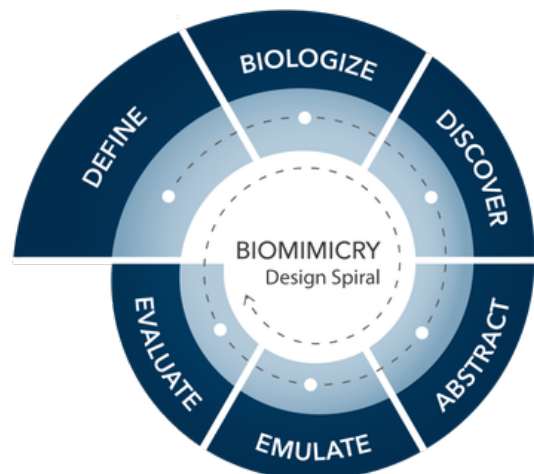
Vergelijking met andere methodes

Biomimicry Er wordt gezegd dat denken nauw gecorreleerd is met dat van Inquiry-based learning (IBL) en Design-based learning (DBL). Dit zijn leermethoden die leerlingen stimuleren om actief de wereld om hen heen te onderzoeken en te ontdekken. De nieuwsgierigheid die kinderen van nature hebben, speelt bij deze methoden een sleutelrol.

Door de verschillende stappen in de Biomimicry Design Spiral te gaan, kom je uiteindelijk uit op een ontwerp of oplossing. En als we de stappen uit de BDS vergelijken met de stappen in de leermethodieken Onderzoekend leren (IBL) en Ontwerpend leren (OGO), dan zijn er nogal wat overeenkomsten.

In *figuur 8* zie je zowel de stappen die in DBL zijn gezet, als in de BDS. Beide methoden beginnen met het definiëren van de context/uitdaging/probleem. In DBL wordt dit omschreven als verkennen, wat inhoudt dat leerlingen de startsituatie verkennen en definiëren wat het echte probleem of de uitdaging is. In de BDS is dit de definiëeringsstap, gevolgd door het biologiseren van het probleem. Deze stap ontbreekt in de DBL-methode, omdat deze benadering breder gaat dan altijd de natuur als inspiratiebron gebruiken bij het ontwerpen.

De volgende fase die in beide methoden aanwezig is, is ontdekken. In het geval van het werken met de BDS betekent dit het vinden van organismen of ecosystemen die strategieën hebben ontwikkeld om de benodigde functies op te lossen. In DBL is ontdekken een bredere term, aangezien leerlingen allerlei bronnen kunnen gebruiken om de functies te vinden die ze nodig hebben om hun uitdaging op te lossen. Het ontdekken en onderzoeken zelf is echter een belangrijk aspect in het leerproces omdat het de studenten meerdere vaardigheden bijbrengt.



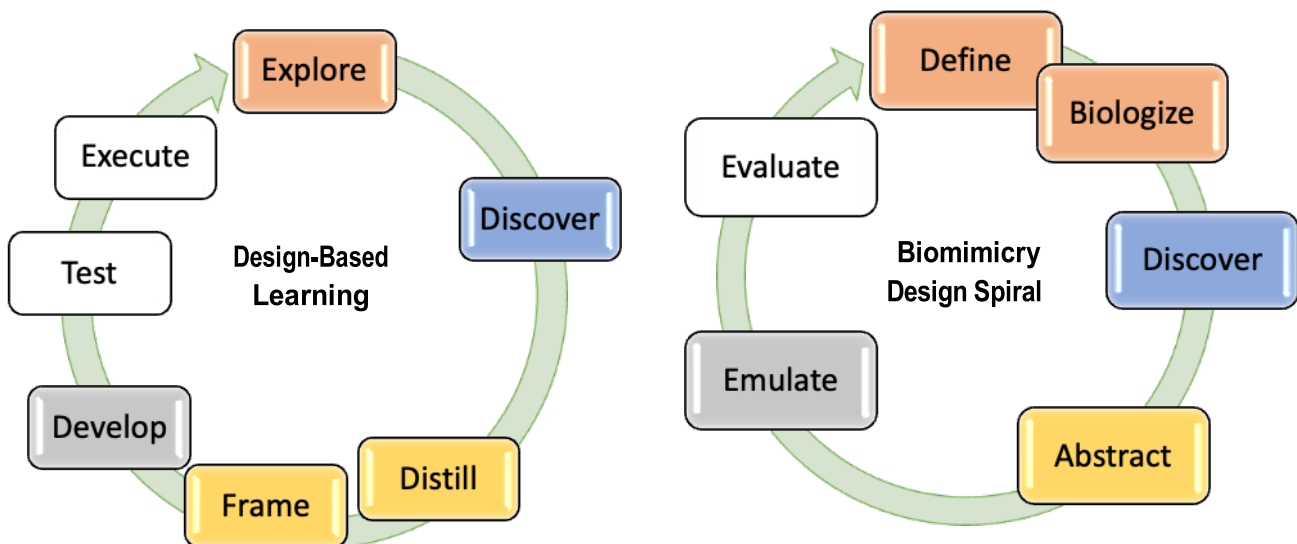
Figuur 7: The Biomimicry Design Spiral (<https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>)

Wat in DBL distillatie en frame wordt genoemd, kan in de BDS als abstract worden samengevat. Al deze termen bevatten de activiteit van het abstraheren van de meest bruikbare voorbeelden uit uw ontdekkingsfase en deze inlijsten zodat u ze in uw ontwerp kunt gebruiken. Deze fase is belangrijk in biomimicry wanneer professionals uit verschillende vakgebieden samenwerken, omdat de biologen de natuurlijke modellen moeten kunnen beschrijven zodat ontwerpers ermee kunnen werken. In DBL is deze stap net zo belangrijk, omdat het studenten leert om bruikbare oplossingen te herkennen en de belangrijkste informatie van hen weg te nemen in hun ontwerp.

In de BDS is emuleren de fase waarin het ontwerpen plaatsvindt. Biomimicry-specialisten scherpen de beste ideeën aan die uit de ontdekkingsfase zijn geabstraheerd en ontwikkelen een ontwerpconcept. Bij DBL is dit de ontwikkelingsfase. In biomimicry betekent emuleren meer dan het ontwikkelen van je ontwerp, aangezien je de natuur als model en mentor bij elke stap van je ontwerp meeneemt. Je houdt rekening met schaalaspecten en of je verder kunt gaan dan het emuleren van vorm om ook het proces en ecosysteem te emuleren (Baumeister, 2014).

Ten slotte evalueren we bij biomimicry ons ontwerp met de 9 biomimicry-principes als referentie. Dit is om ervoor te zorgen dat je de natuur als model en mentor hebt gebruikt in elke stap van je ontwerpproces. Je stelt jezelf vragen als: hoe kan ik zuiniger omgaan met energie? Hoe kan ik meer materialen gebruiken die al beschikbaar zijn? Op basis van jouw antwoorden op deze vragen pas en herontwerp je (delen van) je ontwerp. In DBL omvat de test- en uitvoeringsfase dezelfde activiteiten, wat betekent dat je nog eens kijkt naar wat je in eerste instantie hebt ontworpen en je afvraagt of bepaalde aspecten nog verbeterd kunnen worden. Wat echter ontbreekt aan DBL in deze fase en ook in de meeste andere fasen, is dat je de natuur bewust als model en mentor neemt bij elke stap die je zet tijdens het ontwerpen.

In deze vergelijking tussen de BDS en DBL is de aanpak van Challenge to Biology als voorbeeld genomen om een uitdaging of probleem aan te pakken. De benadering van Biology to Design, waarbij het uitgangspunt een inspirerend natuurlijk model is en studenten in een andere volgorde door de spiraal gaan, zou ook als leermethode werken.



Figuur 8: The Design-Based Learning methodology vs. the Biomimicry Design Spiral

Hoewel biomimicry vaak vooral als ontwerpmethode wordt gebruikt, kan het ook heel goed als leermethode worden gebruikt, vanwege de gelijkenis in stappen met leermethoden zoals IBL en DBL. De belangrijkste stappen in IBL en DBL zijn ook aanwezig in de Biomimicry Design Spiral en daarom zou deze ontwerpmethode heel goed kunnen worden gebruikt om uiteindelijk dezelfde verbetering in het leerproces te bereiken als

PGO, IBL en DBL hebben. Wanneer biomimicry als leermethode wordt gebruikt, kan het zelfs aspecten aan het leerproces toevoegen die IBL en DBL niet hebben. Biomimicry leert studenten de waarde van de natuur voor ons als mens, maar ook de waarde van de natuur op zich. Omdat de studenten van vandaag de leiders van de toekomst zijn, is het belangrijk om ze de schoonheid van de natuur te laten zien en ervaren, en dankbaarheid en een vurig verlangen te creëren om het genie dat ons omringt te beschermen. Naast het verbeteren van het leerproces zelf, kan biomimicry studenten leren om producten, processen en beleid te creëren die goed zijn aangepast aan het leven op aarde op de lange termijn. Hopelijk zal biomimicry uiteindelijk een houding creëren bij studenten die hen zal motiveren om de natuur op deze planeet te behouden.

4. Praktische benaderingen

Hoe biomimicry toe te passen in het School Curriculum?

Vanuit pedagogisch oogpunt biedt biomimicry tal van rijke en boeiende benaderingen van leren. Het idee om de natuur te onderzoeken en vragen te stellen om een uitdaging aan te gaan, biedt kansen voor probleem- of projectmatig leren. Bovendien creëert de uitnodiging om hands-on met de natuur aan de slag te gaan, concepten in-situ te verkennen en de zintuigen te gebruiken om te overwegen waar antwoorden zouden kunnen bestaan, mogelijkheden om leren buiten de deur te brengen, door middel van ervaringsgerichte activiteiten. Veel van de aangeboden activiteiten binnen de BioLearn-materialen kunnen worden aangepast aan verschillende omgevingen, om te voldoen aan een verscheidenheid aan pedagogiek en leerbehoeften.

Bovendien creëren projectmatige benaderingen kansen voor STE(A)M-clubs, samenwerkingsuitdagingen. Veel van de activiteiten die in onze materialen worden aangeboden, kunnen worden ingezet als uitbreidingstaken of worden verkend via verschillende vakgebieden.

De kunsten bieden meerdere mogelijkheden voor het verkennen van de toolkit van de natuur in overeenstemming met wereldwijde uitdagingen. Met name ontwerptechnologie biedt een duidelijk potentieel voor het opbouwen van competenties om te denken als de natuur, en het gebruik van biomimicry-principes om ontwerpuitdagingen op te lossen. Studenten leren hoe design in het verleden is geïnspireerd door de natuurlijke wereld (geef een duidelijk voorbeeld) en passen hetzelfde denken toe op hun eigen ontwerpuitdaging. Er zijn nog meer mogelijkheden in de kunsten om hun creatie te verfijnen en vorm te geven door middel van reflectie en herziening. Pedagogisch bieden de kunsten een ervaringsgerichte verbinding met de gebruikte materialen en een kans om de natuurlijke wereld te ervaren en te observeren, niet als buitenschoolse inhoud, maar om materialen en hun gebruik beter te begrijpen.

Hulpmiddelen

De biomimicry-aanpak omvat verschillende hulpmiddelen die kunnen worden gebruikt bij het opleiden door middel van biomimicry. Enkele voorbeelden zijn AskNature, de Biomimicry Design Spiral en de Biomimicry Design Challenge.

AskNature

Het vinden van natuurlijke modellen kan een hele uitdaging zijn voor studenten en professionals op het gebied van biomimicry. Er zijn zoveel voorbeelden van functies en oplossingen in de natuur, dat het misschien moeilijk is om te weten waar te beginnen met zoeken. Gelukkig heeft het Biomimicry Institute AskNature ontwikkeld: een online platform met informatie over meer dan 2000 verschillende natuurfenomenen. Hier kunnen professionals en studenten die met biomimicry werken op zoek naar natuurlijke modellen op basis van hun functie.

Deze tool kan door docenten worden gebruikt om leerlingen te helpen de natuur te gebruiken als inspiratiebron voor het oplossen van problemen. Wanneer docenten biomimicry integreren in het leerplan

als een methode voor het oplossen van problemen, zullen leerlingen in de natuur moeten zoeken naar oplossingen voor het probleem dat ze proberen op te lossen. AskNature geeft hen een goed startpunt in hun zoektocht naar natuurlijke modellen die hen kunnen helpen bij het ontwerpen van hun oplossing.

<https://asknature.org/>

Biomimicry Global Design Challenge

De Biomimicry Global Design Challenge (BGDC) is een jaarlijkse wedstrijd die studenten en professionals uitnodigt om kritische duurzaamheidskwesties aan te pakken met op de natuur geïnspireerde oplossingen en staat open voor studenten en professionals overal ter wereld. De BGDC zou door docenten kunnen worden gebruikt om hun leerlingen te motiveren voor een bepaald project op school door het project vorm te geven als een BGDC-opdracht. Wanneer bijvoorbeeld meerdere groepen studenten aan een project werken met biomimicry als methode, kan het beste ontwerp worden geselecteerd en aangevraagd om deel te nemen aan de BGDC. Dit kan een extra motivatie zijn voor de studenten, omdat het resultaat van het winnen van deze uitdaging de mogelijkheid is om jouw oplossing verder te ontwikkelen.

<https://challenge.biomimicry.org/>

Gebruik maken van deze ideeën in het onderwijs

Het vinden van manieren om biomimicry in uw onderwijs te integreren, kan worden bereikt door rekening te houden met de behoeften van het onderwerp. Voor het BioLearn-project hebben we bronnen gecreëerd waarvan we denken dat leraren deze kunnen gebruiken als onderdeel van hun levering van het curriculum en de specificatie. Door met het onderwerp te beginnen, kan de biomimicry-benadering en het bijbehorende denken fungeren als een aanvullende verbetering van de vakkennis en leerbenaderingen van studenten.

Omdat het zich zo goed leent voor projectgebaseerd leren, creëren veel van de door BioLearn geproduceerde bronnen verdere mogelijkheden voor het verbeteren van leer- en studievoordigheden. Het aanbieden van onafhankelijke en teamgebaseerde leerbenaderingen kan een effectieve manier zijn om biomimicry in de klas te brengen.

Hoewel de hier opgenomen bronnen zijn ontworpen om te worden aangepast en ontwikkeld door docenten, willen we ook dat docenten ze kunnen aanpassen en verder kunnen ontwikkelen. Elke bron is bedoeld om te worden opgepikt en uitgetoetst, maar we zijn van mening dat een paar overwegingen toekomstige biomimicry-docenten kunnen helpen voordat ze met onze bronnen gaan werken:

Individueel werk of in groepsverband

Wat zijn de parameters van het werk - zullen studenten alleen werken of aangemoedigd worden om in groepen te werken? Verder: is er sprake van projectgebaseerd of uitdaging/probleemgebaseerd leren? Zo ja, hoe wordt dit in de leeromgeving georkestreerd en ingericht? Welke middelen heb je nodig? Biomimicry stelt studenten in staat om hun probleemoplossende en creatieve brein te oefenen, dus nadenken over hoe je dit kunt faciliteren, zal voor sommige modules belangrijk zijn.

Startpunt – introductie of kennis opbouwen?

Denk na over waar u en uw leerlingen zich momenteel bevinden in termen van kennis en comfort van biomimicry en de toepassing ervan op lesgeven en leren. Als je net een duik neemt, kies dan een van de introductiemodules om samen door te werken - of zelfs een paar op zichzelf staande activiteiten. Als je je zelfverzekerder voelt, zijn er tal van vakgebonden modules die misschien meer geschikt zijn - of bedenk je eigen mix!

Verbindingen tussen onderwerpen

Biomimicry-onderwijs laat zich niet in een hokje plaatsen - maar we hebben een onderwijssysteem dat zichzelf definieert door onderwerpen en onderwerpen. Lesgeven met een biomimicry-aanpak zal spanningen creëren omdat het leren nieuwe richtingen zal inslaan en volop gelegenheid biedt om over onderwerpen en onderwerpen na te denken. Dit kan problematisch zijn in een schoolomgeving waar onderwerpen in detail moeten worden begeerd, klaar voor beoordeling en voordat het volgende onderwerp begint. Het is de moeite waard om na te denken over hoe je zult reageren als het leren nieuwe raakvlakken krijgt – misschien is nadenken over parkeervragen en ideeën op het bord, of praten met andere vakdocenten om een vakoverschrijdende aanpak te overwegen, geschikt voor jouw school.

Implementatie en reflectie

Het ontwikkelen en geven van een les met biomimicry zal waarschijnlijk een uitdaging zijn (omdat het nieuw is) voor zowel docenten als studenten - reflecteren op sessies is een heel goede manier om uitdagingen om te zetten in leren. De natuur creëert geen perfectie - maar perfectie is in het proces van creëren; leren als een natuurlijk ontwerpproces met verkeerde afslagen en uitdagingen onderweg. Manieren vinden om na te denken en van fouten te leren - of het nu gaat om een teamuitdaging die niet werkte vanwege een conflict, of een productontwerp dat faalde; het vinden van manieren om kritisch en bedachtzaam te kijken naar wat er is gebeurd, zal verbeteringen, verfijningen en groei mogelijk maken. Het inbouwen van deze tijd is misschien het overwegen waard - misschien elke les of aan het einde van de module.

Aanpassing van middelen

Hoewel onze bronnen zijn ontworpen om direct naast of als onderdeel van een werkschema te worden gebruikt, is het waarschijnlijk dat docenten de activiteiten willen aanpassen aan hun eigen leerlingen. Dit kan gebaseerd zijn op eerder begrip of andere contextuele factoren.

Alle activiteiten zijn zo ontworpen dat ze in grote lijnen passen binnen een bepaalde leeftijdsgroep/studiefase, maar afhankelijk van of studenten aan het begin of later op hun leertraject staan via het werkschema, kunnen enkele aanpassingen nodig zijn. We hebben geprobeerd om zoveel mogelijk flexibiliteit mogelijk te maken.

Enkele factoren waarmee u rekening moet houden bij het aanpassen van deze bronnen aan uw groep zijn:

Groepsgrootte

Moeten studenten alleen werken of in een groep? Zal individueel werk dan bijdragen aan een groepsdiscussie of een klassikale discussie? Deze vragen stuk voor stuk werkwijzen en studievaardigheden waarmee de studenten al dan niet vertrouwd zijn. Zorg er bij het plannen van de lessen voor dat de gekozen aanpak geschikt is voor uw groep. Als groepswerk niet de norm is voor de groep, begin dan met werken in tweetallen en bouw dit op naar het werken als een team. Taken duidelijk verdelen binnen de groep kan helpen. Individuen kunnen ook hulp nodig hebben bij het zelfstandig werken.

Voorkennis en interesses

Aandacht voor de achtergronden en interesses van de leerlingen is essentieel voor het welslagen van het biomimicry-onderwijs. Kunnen taken en uitdagingen worden aangepast aan de interesses en voorkennis van individuen? Kunnen lokale vraagstukken en problemen worden verweven? Misschien kan het schoolterrein de leerlingen wat inspiratie en uitdagingen bieden. Het creëren van een 'echte wereld' leeromgeving is belangrijk voor biomimicry omdat het gedijt op de directe toepassing van leren.

Vaardigheden en bekwaamheid

Biomimicry kan een uitdagend – maar lonend – onderwerp zijn om te onderwijzen en te leren. Inspelen op de behoeften van leerlingen is essentieel om ervoor te zorgen dat studenten niet achterblijven of zich

gefrustreerd voelen door de inhoud. Begin met wat toegankelijk aanvoelt en bouw van daaruit op. Niet alle modules zijn mogelijk geschikt voor alle situaties - voel je vrij om je aan te passen en sommige aspecten op te nemen terwijl je andere weglaat om aan een reeks vaardigheden en capaciteiten te voldoen.

5. Sleutelvaardigheden tot biomimicry

Elke discipline heeft zijn eigen termen en jargon. U zult deze tegenkomen wanneer u ons materiaal betreedt. We hebben een woordenlijst gemaakt voor uw referentie. Hieronder geven we een meer gedetailleerde uitleg. Zie ook in Woordenlijst van <https://biolearn.eu/>.

Functie

In biomimicry verwijst een functie naar de aanpassing van een organisme die het helpt te overleven en te gedijen. Het doel van berenbont is bijvoorbeeld om warm te blijven, in technische termen is het de functie om warmte vast te houden (isolatie). Vaak hebben 'ontwerpen' in de natuur meer dan functie. Een blad kan fotosynthetiseren (energie van de zon omzetten in suiker) en het kan water verdelen (via zijn zenuwen). Ook menselijke producten hebben functies; een waterkoker heeft de functies om zowel water te bevatten als water te verwarmen (de fysieke staat wijzigen). Kortom, een functie is 'wat het doet'.

Bij het gebruik van biomimicry-denken moet je beslissen wat je wilt dat je ontwerp doet, zodat je in de natuur kunt zoeken naar een organisme dat een vergelijkbare functie vervult. Als u bijvoorbeeld een efficiëntere airconditioner wilt maken, heeft het niet veel zin om een bioloog om advies te vragen. Maar als je zou vragen, 'hoe koelt de natuur (of beheert de temperatuur)', kan hij / zij veel organismen vinden met interessante strategieën voor het koelen / beheersen van de temperatuur. Het gaat erom wat u wilt dat uw ontwerp doet, in plaats van wat u wilt dat uw ontwerp is.

Met dit in gedachten kun je de natuur afzoeken om organismen of ecosystemen te vinden die vergelijkbare functies leveren waarvan je kunt leren en de mechanismen in je eigen ontwerpen kunt vertalen.

Een geweldige manier om meer over functies te weten te komen, is door er in de natuur op te gaan 'jagen'. Zie de Function Hunt-activiteit in de BioLearn-module Plastic fles.

Voorbeelden van functies:

<i>Inspiratie uit de natuur</i>	<i>functie</i>
Boomschors	Beschermen
Termieten	Regel de temperatuur
Ijsbeer bont	Isoleren
Namib-kever	Oogstwater
mieren	Vind route
Lotus	Schoon oppervlak
Klimop	Energie opwekken
Bultrugwalvissen	Verminder weerstand
Bananenschil	Beschermen, informeren over rijpheid

Tabel 3: Voorbeelden van functies

Strategie

Organismen voorzien in functionele behoeften door middel van biologische strategieën. Dit is een kenmerk, mechanisme of proces dat de functie voor hen vervult. In het berenvoorbeeld is bont de strategie voor het leveren van isolatie. In een waterkoker wordt elektrische energie omgezet in fysieke warmte die de temperatuur van water wijzigt. Kortom, een strategie is 'hoe het het doet'.

Om biomimicry-denken te gebruiken, moet je jezelf afvragen hoe de natuur de functie biedt waarin ik geïnteresseerd ben. Het kan een eenvoudig geval zijn om dezelfde vorm na te bootsen, zoals in het beroemde voorbeeld van de bullet train en de ijsvogel. Maar vaak zul je een proces uit de natuur moeten nabootsen, zodat je iets kunt ontwerpen dat bijvoorbeeld na gebruik weer ontleedt tot basiselementen.

<i>Inspiratie uit de natuur</i>	<i>functie</i>	<i>strategie</i>
---------------------------------	----------------	------------------

Boomschors	Beschermen	Schors beschermt tegen uitdroging en aantasting door schimmelinfecties, insecten en vogels. Schors wordt gevormd en zet uit naarmate de boom groeit; het reageert ook en groeit rond gebieden die zijn aangevallen.
Termieten	Regel de temperatuur	Termieten bouwen dunne tunnels aan de rand van hun heuvel. Deze warmen gedurende de dag op en naarmate de hitte stijgt om te ontsnappen, trekt deze koelere lucht naar beneden door de centrale kolom van de heuvel. Het proces keert 's nachts om.
IJsbeer bont	Isoleren	
Namib-kever	Oogstwater	Hydrofiele en hydrofobe bulten en groeven op het zwarte oppervlak (dat 's nachts uitstraalt) van de Namib Beetle laten water condenseren uit vochtige lucht.
mieren	Vind route	Wanneer mieren voedsel zoeken, communiceren ze via feromonen. Als ze voedsel vinden, leggen ze een 'positief' spoor af dat wordt versterkt door andere mieren. De mieren werken in het begin willekeurig, maar naarmate er snellere (minder afstand) routes ontstaan, smelten ze samen rond de snelste route.
Lotus	Schoon	Lotusbladeren blijven schoon zonder reinigingsmiddelen. De cuticula van de plant is extreem waterafstotend. Dit wordt bereikt door microscopisch kleine bultjes op hun bladoppervlak. Dit vermindert de kleverigheid van waterdruppels aan het oppervlak, zodat ze gemakkelijk weglopen en tegelijkertijd vuil wegnemen.
Klimop	Energie opwekken	Klimop groeit verticaal om te voorkomen dat ze met grondplanten om zonlicht en voedingsstoffen moeten concurreren.
Bultrugwalvissen	Verminder weerstand	De knobbeltjes (bultjes) op de vinnen van bultruggen zorgen ervoor dat ze het water kunnen 'grijpen' en stevig kunnen draaien bij het vangen van voedsel
Bananenschil	Beschermen, informeren over rijpheid	Als de schil van de banaan groen is, is hij nog niet rijp om gegeten te worden. Als de schil bruin is geworden, is de banaan ook niet meer eetbaar.

Tabel 4: Functie en strategie

Het identificeren van functie en strategie zijn dus zeer belangrijke biomimicry-vaardigheden.

Analoog denken

De laatste sleutelvaardigheid is analoog denken, met andere woorden zien waar een oplossing voor het ene probleem kan worden toegepast op het oplossen van een soortgelijk probleem. Dit kan moeilijk zijn omdat abstract denken vereist is. U zult echter veel goede voorbeelden vinden in de BioLearn-bronnen, evenals enkele in de onderstaande tabel; knip ze in stukken en kijk of je leerlingen ze aan elkaar kunnen koppelen om hun analoge denkvaardigheden te oefenen.

Uitdaging	Nuttige strategie/functie in de natuur	Natuurfunctie/strategie toegepast op menselijke uitdaging	Wat is de analogie tussen beide?
Hoe blijft de natuur koel?	Schors beschermt tegen uitdroging en aantasting door schimmelinfecties, insecten en vogels. Schors wordt gevormd en zet uit naarmate de boom groeit; het reageert ook en groeit rond gebieden die zijn aangevallen.	Gebruik meerdere lagen in gevels van gebouwen om zonnewarmte te reflecteren en koeling te bevorderen	Dit is een voorbeeld van de vorm van boomschors die wordt nagebootst bij het creëren van een gevel van een gebouw.
Hoe regelt de natuur de temperatuur?	Termieten bouwen dunne tunnels aan de rand van hun heuvel. Deze warmen gedurende de dag op en naarmate de hitte stijgt om te ontsnappen, trekt deze koelere lucht naar beneden door de centrale kolom van de heuvel. Het proces keert 's nachts om.	Het Eastgate Center in Harare bootst dit proces na. Warme winden gaan door de poreuze betonnen muren van het centrum en koelen ze af voordat ze het binnenste van het centrum binnendringen.	Dit is een voorbeeld van het door termieten ontwikkelde proces dat wordt toegepast in een gebouwoontwerp.
Hoe beschermt de natuur tegen roofdieren?	Octopus verandert van kleur en kan zich aanpassen aan de kleur van zijn omgeving	Kleding in het leger heeft een vaste camouflagekleur. Als dat zou kunnen worden aangepast aan zijn omgeving, zou het beter werken	Dit is een voorbeeld van de vorm van octopus-pigmentcellen die worden nagebootst bij het maken van kleding
Hoe houdt de natuur zichzelf schoon?	Lotusbladeren blijven schoon zonder reinigingsmiddelen. De cuticula van de plant is extreem waterafstotend. Dit wordt bereikt door microscopisch kleine bultjes op hun bladoppervlak. Dit vermindert de	Dit wordt nagebootst in zelfreinigende ruiten.	Dit is een voorbeeld van de vorm van lotusbladeren die worden nagebootst in zelfreinigend glas

	kleverigheid van waterdruppels aan het oppervlak, zodat ze gemakkelijk weglopen en tegelijkertijd vuil verwijderen.		
--	---	--	--

Tabel 5: Analoog denken

6. BioLearn modules introduceren

We moedigen docenten aan om een kort overzicht te geven van elke BioLearn-module. Volgens eerdere ervaringen is het uitproberen van een aantal activiteiten de beste manier om te leren. Daarom stellen wij onderstaande activiteiten voor. Open na het kiezen van de modules de originele beschrijvingen voor details. De nummers verwijzen naar het aantal activiteiten binnen de modules. *Overview of BioLearn modules:*

Introductie modules

Principe modules

- Negen Principes van Biomimicry
- 9 modules over de 9 principes

Marvellous Models

Introducing Biomimicry

Big Biomimicry Challenge

Andere modules

Packaging

Water Water Everywhere... But not a Drop to Drink (

The Natural Economy

Buildings

Healthy by Nature

Plant Protection Inspired by Nature

Water Management in a City Park

Cooperative Problem Solving through Natural Design

Adaptation to Climate Change

Introductie modules

Principe modules

- Negen principes van Biomimicry
Deze module biedt een inleiding tot de 9 principes van biomimicry. Deze principes vormen de basis voor het biomimicry-denken, dat in alle modules belangrijk is.
 - *Explanation of the 9 principles*
Presentatie (ppt) met 1-1 dias van de principes en toelichting bij deze.
- P1: De natuur draait op zonlicht
Deze module gaat over energie. De meeste energie die in de natuur wordt gebruikt, komt van de zon door middel van fotosynthese. In activiteit 2 en 3 spelen leerlingen op twee verschillende manieren met het proces van fotosynthese.
- P2: De natuur gebruikt alleen de energie die zij nodig heeft
De natuur verspilt geen energie. Hoe merken we dat in de natuur? In de module verkennen studenten hoe de natuur energie gebruikt.
 - *2. Zoeken naar energie vormen*
Zoeken naar voorbeelden van energieverbruik in de natuur met behulp van "energiekaarten".
- P3: De natuur gebruikt de vorm die past bij de functie

De natuur is een bekwame ontwerper. Elke gecreëerde vorm past om een specifieke functie te vervullen, en daarnaast kan de natuur mooi zijn. In deze module onderzoeken studenten hoe de natuur van vorm tot functie past.

- *2. Vormen en functies herkennen*

Onderzoek naar de functie van natuurlijke en kunstmatige objecten: leerlingen werken in tweetallen; geblinddoekt lid van het paar observeert het object met alle zintuigen behalve zicht en zijn functie.

- P4: De natuur recycleert alles

Wat kunnen we leren van de manier waarop de natuur recycleert? In natuurlijke systemen zoals een bos is er geen afval. Alles wat aan het einde van zijn levenscyclus is gekomen, wordt grondstof voor iets anders. In de activiteiten van de module observeren studenten hoe de natuur omgaat met afval.

- P5: De natuur beloont samenwerking

We hebben de neiging om te denken dat de natuur voornamelijk gebaseerd is op concurrentie. Als we beter kijken, is het duidelijk dat samenwerking meer lonend is. In deze module oefenen studenten samenwerking en bedenken wat beter is: samenwerking of competitie?

- *2. Een eikenbos naspelen*

Studenten worden lid van een eikenbos en zoeken naar onderlinge verbanden met behulp van een wollen draad.

- P6: De natuur steunt op diversiteit

Diversiteit is erg belangrijk in de natuur, het helpt bij het creëren van stabiele ecosystemen. In deze module ervaren studenten wat er gebeurt als er niet genoeg diversiteit is. We raden aan om Principe 5 en 6 in volgorde aan te leveren.

- *Een sprinkhanenbos spelen*

Leerlingen worden lid van een sprinkhanenbos en zoeken naar onderlinge verbindingen - hetzelfde spel als in P5, alleen de "soorten" zijn anders: we zullen veel minder interacties hebben en een meer kwetsbare gemeenschap.

- P7: De natuur vereist lokale expertise

Organismen moeten zich aanpassen aan verschillende omstandigheden: aan lokale habitat, weer, bodem, beschikbaar voedsel, enz. De natuur gebruikt ook lokale materialen om te bouwen. In deze module onderzoeken de leerlingen hoe de snavels van vogels worden aangepast aan de lokale omstandigheden en het beschikbare voedsel.

- *2. Snavels spelen*

Met verschillende soorten pincetten een reeks voorwerpen proberen op te pakken - het voedsel en de snavels van de vogels nabootsen.

OF

- P8: De natuur streeft naar balans

De natuur is een verfijnd systeem; alles is zorgvuldig geregeld. In deze module onderzoeken studenten hoe herten leven in harmonie met hun leefgebied.

- *2. Herten spleen en een natuurlijke bronnen spel*

Studenten worden herten en doen na hoe ze aan hun behoeften komen.

OF

- P9: De natuur benut de kracht van beperkingen

Mensen hebben de neiging om te denken dat aan alle eisen kan worden voldaan zonder grenzen. We zouden van de natuur moeten leren hoe we binnen de grenzen van de aarde kunnen leven. In deze module leren studenten wat er gebeurt als we ons niet aan natuurlijke grenzen houden.

- *2. Oogst spel*

Groepen studenten proberen met een beperkt aantal vissen van hetzelfde meer te leven. Het doel is om het duurzaam te doen.

Marvellous models

Leren van de natuur om een uitdaging of kans aan te pakken begint met het stellen van de vraag "hoe gaat de natuur om met een vergelijkbare uitdaging?" Deze introductiemodule richt zich op de basisvaardigheden die nodig zijn om te kunnen leren van de natuur.

- *3. Observatie in de natuur*
De leerlingen gaan naar buiten om de natuur te observeren en te onderzoeken en aan de hand van verschillende vragen kenmerken van een soort op te schrijven.
- *6. Poster presentatie*
Teams presenteren hun poster gemaakt over hun gekozen soort (prachtig model) aan elkaar.

Biomimicry introduceren

Deze module laat studenten kennismaken met biomimicry door middel van verschillende activiteiten. Het kan ook worden gebruikt voor het introduceren van biomimicry in plaats van Marvellous Models of als voorbereiding op de 'Big Biomimicry Challenge'-module.

- *3. Leren van de natuur*
In deze activiteit maken leerlingen paren van natuurvoorbeelden en technologieën die de natuur nabootsen.
- *6. Wat kunnen we leren van een zaadje?*
De leerlingen onderzoeken een esdoornzaadje en proberen de kenmerken en functies ervan te achterhalen.

Grote Biomimicry Uitdaging

Deze module leidt studenten door het proces van op de natuur geïnspireerd ontwerpen en een gestructureerde ontwerptaak, waarbij zowel individueel als in groepsverband wordt gewerkt. De module is ontworpen om op zichzelf te staan of als onderdeel van een groot werkschema. Hoewel veel van de concepten relevant zijn voor ontwerptechnologie en biologie, zal de module ook docenten aanspreken die studievaardigheden willen ontwikkelen, waaronder teamwerk en presentatiecompetenties bij studenten.

- *1. Kies een project*
Studenten kiezen een uitdaging die verband houdt met een van de Sustainable Development Goals en verzamelen ideeën uit de natuur om deze op te lossen.
- *3. Hoe zou de natuur...?*
Aansluitend op Activiteit 1 zoeken de leerlingen naar concrete voorbeelden uit de natuur voor oplossing.

Andere modules

Verpakking

Net als ons voedsel en vele andere producten, is elk organisme verpakt. Onze huid, het pantser van een krab, de schil van een banaan, de schaal van een oester, de bast van een kokosnoot, een ananas (zaadverpakking) en elke cel in ons lichaam heeft zijn eigen verpakking.

Hoe kunnen de verschillende manieren van verpakken van de natuur ons helpen bij het ontwerpen van oplossingen voor onze eigen verpakkingsuitdagingen?

- *2. Biologiseer je vraag!*

Studenten ontwikkelen biologische vragen: ze identificeren een of meer functies van verpakkingen en schrijven vragen om oplossingen te vinden in de natuur.

Water Overall Water... Maar geen druppelom te drinken

In deze module onderzoeken studenten hoe de natuur een scala aan verschillende vaardigheden heeft waar we van kunnen leren. Studenten gebruiken de mogelijkheden van de natuur om manieren te vinden om de uitdaging van vervuiling door plastic flessen aan te pakken. Aan het einde van de module hebben studenten hun eigen oplossingen bedacht voor de uitdaging van vervuiling door plastic flessen.

- *1. Dus... hoe werkt de natuur?*

Leerlingen begrijpen hoe de natuur werkt als een duurzaam systeem: ze zoeken naar verschillende functies in de natuur.

De natuurlijke economie

In de natuurlijke wereld worden alle materialen gemaakt met behulp van lokale bronnen; organismen doen dit bij kamertemperatuur en druk. Zodra materialen klaar zijn, worden ze biologisch afgebroken terug naar hun basiselementen. Mensen doen dingen anders. Ze graven mineralen op, gebruiken hoge temperaturen en drukken om er bruikbare materialen van te maken. Deze worden na gebruik vaak weggegooid en zijn niet eenvoudig opnieuw te gebruiken. We zouden kunnen zeggen dat de natuur materialen produceert met een circulaire economie, terwijl de mens een lineaire economie heeft. Deze module onderzoekt hoe we van de natuur kunnen leren om de materialen die we nodig hebben duurzaam te produceren.

- *1. Geoogst om opnieuw te oogsten (als je tijd hebt)*

Studenten gebruiken mycelium om een product te kweken met behulp van Grown bio Grow it yourself kit.

- *3. Als natuur de oplossing is, Wat is dan het probleem?*

Studenten ondervragen een korte video om te begrijpen waarom verandering nodig is. Ze gebruiken De Bono Thinking Hats-methoden om het nadenken over een probleem met een specifieke focus aan te moedigen.

Gebouwen

Beschutting, warmte en bescherming (en vele andere) zijn allemaal functies waarvoor mensen gebouwen gebruiken. In deze module gaan leerlingen op zoek naar vergelijkbare functies in de natuur en onderzoeken ze hoe ze deze kennis kunnen gebruiken bij het plannen van een gebouw.

- *2. Beschuttingen in de natuur*
Studenten zoeken naar functies van beschuttingen in de natuur.
- *3. Laten we... een nest bouwen! (als je tijd hebt)*
Studenten doen wat onderzoek naar nesten, om er vervolgens 1 te bouwen

Gezond door de natuur

We kunnen veel leren van de natuurlijke wereld over hoe we voor onszelf kunnen zorgen door te onderzoeken hoe de natuur gezond blijft. In deze les leren de leerlingen over enkele van de verbazingwekkende manieren waarop de natuurlijke wereld gezond blijft en wat de natuur ons kan leren over gezondheid en welzijn. Dit wordt gedaan door onderzoek te doen naar het gebruik van de verschillende strategieën in de natuur, hun eigen onderzoek uit te voeren en biomimicry toe te passen om te heroverwegen hoe de natuur ons gezond kan houden.

- *3. Slimme dieren*
Studenten verkennen dierstrategieën om zichzelf gezond te houden met behulp van een matching-oefening: ze matchen namen, afbeeldingen en wat het is van de soort kunnen leren.

Plantenbescherming geïnspireerd door de natuur.

Om in leven en gezond te blijven, moeten we onze omgeving, ons lichaam en ons voedsel (en gewassen) beschermen tegen aanvallers. Maar hoe kunnen we dit doen zonder andere levende organismen op deze planeet te schaden?

In deze module gaan studenten op zoek naar manieren om planten te beschermen, geïnspireerd door de natuur. De laatste uitdaging zal zijn om een klein project te ontwerpen om de biodiversiteit / natuurlijke ongediertebestrijding in een school of gemeenschapstuin te vergroten.

- *4. Elke plaag heeft zijn roofdier*
Studenten onderzoeken ecologische wetten en hun gebruik voor gewasbescherming (kaartsorteeractiviteit).

Water Management in een stadspark

In deze module gaan studenten aan de slag met de uitdagingen rondom water. Door zelf onderzoek te doen, komen ze met oplossingen voor verschillende uitdagingen. Dit doen ze aan de hand van een casus: de studenten maken een ontwerp voor een nieuw stadspark.

- *2. Mind maps*
Het doel is om studenten het probleem te laten identificeren door onderzoeksvragen in hun geval te bedenken. Ze maken een mindmap die dient als overzicht van de vragen en wat te onderzoeken.

Coöperatieve probleemoplossing door natuurlijk ontwerp

Deze module onderzoekt het onderwerp duurzame groei en samenwerking, op zoek naar analogieën van hoe de natuur omgaat met soortgelijke problemen. De lessen zijn gebaseerd op het leermodel 'heldenreis', waarbij studenten worden geconfronteerd met een probleem (obstakel) en ervaren hoe ze deze kunnen overwinnen.

- 1. *Toren bouwen*
Een groepje leerlingen bouwt een schokbestendige toren en vindt coöperatieve strategieën in de natuur.

OF

- 3. *Ei laten vallen oefening*
De leerlingen bouwen een valmechanisme om te voorkomen dat een ei breekt. Het doel is om het voordeel van symbiose in de natuur te ontdekken.

Aanpassing aan klimaatverandering

In deze module worden studenten geconfronteerd met twee uitdagingen die met elkaar verbonden zijn: de eerste onderzoekt de effecten van opwarming in steden en de tweede overstroming.

Het belangrijkste idee van de uitdagingen is dat studenten - dankzij een reeks experimenten, hun eigen onderzoek online en in het veld - belangrijke natuurlijke fenomenen en principes begrijpen die hen helpen een stedelijk gebied te ontwerpen dat is aangepast aan klimaatverandering. De module biedt veel interessante experimenten.

STE(A)M verbindingen van BioLearn modules

Zoals we er uitgebreid over schreven, kan biomimicry heel goed worden gebruikt in het STE(A)M-onderwijs. De onderstaande tabel toont enkele specifieke onderwerpen van het STE(A)M-onderwerp waar BioLearn-modules met succes kunnen worden geïmplementeerd.

STE(A)M Onderwerpen	Biomimicry Voorbeelden	BioLearn ModuleVerbindingen
Aanpassing, variatie en classificatie (Bio)	Het vinden van natuurlijke oplossingen voor problemen en uitdagingen waarmee de menselijke samenleving wordt geconfronteerd, kan net zo eenvoudig zijn als kijken naar hoe de natuur zich heeft aangepast aan haar omgeving. Structurele en gedragsaanpassingen kunnen worden nagebootst in menselijke ontwerpen - bijvoorbeeld door te kijken naar de ingenieuze manieren waarop woestijnlevende wezens bewoonbare temperaturen kunnen handhaven door ondergronds te leven of zelfkoelende structuren te bouwen.	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 3, 6 en 7) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Gezond van nature - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur - Waterbeheer in een Stadspark - Aanpassing aan klimaatverandering
Biodiversiteit en ecosystemen (Bio)	Op ecosysteemniveau leert de natuur ons veel over hoe de samenleving te organiseren en te leven als onderdeel van een onderling verbonden levensweb. Dit biedt leermogelijkheden die verder gaan dan alleen maar naar één organisme kijken - en in plaats daarvan ons ertoe aanzetten na te denken over wat het zou kunnen betekenen om in een gemeenschap te leven en gespecialiseerde niches te bezetten zonder het levende systeem waarop we vertrouwen in gevaar te brengen.	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 5-9) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Verpakking - De natuurlijke economie - Gezond van nature - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur - Aanpassing aan klimaatverandering

<p>Cycli en voedingsstoffen (Bio); Levenscyclus en recycling (E/DT)</p>	<p>De cycli die ten grondslag liggen aan het leven op aarde; of koolstof, nutriënten of water fundamenteel zijn voor het balanceren van geven en nemen, dat continu in beweging is in alle ecosystemen. Dit onderwerp maakt ons opnieuw bewust van het grote, onderling verbonden geheel waar we op deze planeet deel van uitmaken. Het biedt veel op het gebied van duurzaamheidsdenken, gezien de manieren waarop voedingsstoffen worden gecycleerd en hergebruikt in een ecosysteem, biedt het kansen om meer te weten te komen over circulaire economieën en nieuwe manieren van denken over handel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 2 en 4) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Verpakking - Water overal water... Maar geen druppel om te drinken - De natuurlijke economie - Gebouwen - Gezond van nature - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur - Waterbeheer in een Stadspark - Aanpassing aan klimaatverandering
<p>Fotosynthese (Bio); Energiebronnen (E/DT)</p>	<p>Energie en het gebruik ervan is het middelpunt van het leven - en voor veel leven op aarde komt die energie van de zon. Het begrijpen van fotosynthese is een belangrijk onderdeel van de wetenschap dat ons in staat heeft gesteld om de functie van voedselketens en bevolkingspiramides te beschouwen - maar het heeft mensen ook in staat gesteld de mogelijkheid te zien om schone, overvloedige energie te produceren.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 1 en 2) - Grote Biomimicry-uitdaging - Water overal water... Maar geen druppel om te drinken - De natuurlijke economie - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur - Aanpassing aan klimaatverandering
<p>Materialen, krachten en eigenschappen (DT/Phys/E)</p>	<p>De natuur is veelzijdig en produceert zelden afval. De materialen die worden ingezet en geproduceerd door processen en organismen zijn in de loop van millennia aangescherpt en zijn geschikt voor hun doel. Kijkend naar hoe de natuur flexibele, harde, sterke en lichte materialen produceert die de meest ongelooflijke functies mogelijk maken en een doorgang bieden om na te denken over het overwinnen van de grootste ontwerpuitdagingen. Kijkend naar hoe gekko's aan gladde oppervlakken blijven kleven, heeft dit ertoe geleid dat ingenieurs nieuwe lijmen hebben gemaakt die op structuur werken in plaats van oplosmiddelen; kijken naar het gebruik van zeshoeken door bijen om honing in een bijenkorf te bewaren, heeft onze ogen geopend voor een krachtig en efficiënt gebruik van bouwmaterialen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 4) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Verpakking - Water overal water... Maar geen druppel om te drinken - Gebouwen - Waterbeheer in een Stadspark - Coöperatieve probleemoplossing door natuurlijk ontwerp
<p>Biochemie / Organische chemie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - De natuur maakt gebruik van een cocktail van mineralen, elementen en verbindingen - - Producten uit olie - Wat kunnen we leren van de manier waarop de natuur chemicaliën organiseert - kunnen we betere manieren vinden om producten en verbindingen te maken die mens en planeet niet schaden. - Natuur slaat data op (DNA) – celorganisatie/ celprocessen 	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 1, 2 en 4) - Grote Biomimicry-uitdaging - Verpakking - Water overal water... Maar geen druppel om te drinken - Van nature gezond

	<ul style="list-style-type: none"> - Materialen die in het persoonlijke leven worden gebruikt - chemicaliën 	<ul style="list-style-type: none"> - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur
Wiskunde	<ul style="list-style-type: none"> - Kijk op Sams website – - De natuur heeft efficiënte manieren gevonden om dingen te doen. - Verhoudingen/ materiaalgebruik/sterkte. - Vormen 	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 2, 8 en 9) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Waterbeheer in een Stadspark - Coöperatieve probleemoplossing door natuurlijk ontwerp - Aanpassing aan klimaatverandering
Kunst	<ul style="list-style-type: none"> - Negen principes van biomimicry - Modules over 9 principes (met name 3) - Prachtige modellen - Grote Biomimicry-uitdaging - Verpakking - Water overal water... Maar geen druppel om te drinken - Gebouwen - Circulaire economie - Plantenbescherming Geïnspireerd door de natuur - Waterbeheer in een Stadspark - Coöperatieve probleemoplossing door natuurlijk ontwerp

Tabel 6: STE(A)M onderwerpen en BioLearn modules

7. Opzetten van een lerarenopleiding

We bieden enkele mogelijkheden om de lerarenopleiding te behouden. In onderstaande tabellen zie je een halve dag, een eendaagse en een driedaagse versie. We raden een combinatie aan van online en persoonlijke training in het geval van halve en eendaagse evenementen en persoonlijke training als je drie dagen met docenten hebt.

De tijd (in minuten) is geschreven voor de face-to-face delen. Voor het uitproberen van de activiteiten raden we aan om het face to face gedeelte te gebruiken, aangezien voor de meeste activiteiten een groep nodig is.

De "online" delen houden in dat het materiaal voorafgaand aan de training naar de deelnemers moet worden gestuurd om te lezen. Deze materialen kunnen een link of een pdf over het onderwerp zijn.

Indien de situatie een face to face ontmoeting niet toelaat, kunt u voor de training een digitaal platform (bv. zoom, skype etc.) kiezen. In dit geval moet je de activiteiten zorgvuldig uit de modules kiezen, omdat de meeste spellen in kleine groepen/alleen niet werken!

Tijdsschema

Onderwerpen	0,5 dag (4 uur – effectief ongeveer 210 min.)	1 dag (8 uur – effectief ongeveer 360 min.)	3 dagen (3x8 uur – effectief ongeveer 1080 min.)
1. Inleiding	5 min.	10 min.	40 min.
2. Over duurzaamheid	online	online	40 min.
3. BioLearn-introductie	15 min.	30 min.	40 min.
4. Biomimicry	online	online	120 min.
5. STE(A)M Onderwijs	online	online	60 min.
6. Sleutelvaardigheden	online	online	120 min.
7. Modules uitproberen/uitleggen	180 min. (6 gekozen modules, 30 min. elk)	300 min. (10 gekozen modules, 30 min. elk)	600 min. (12 gekozen modules, 50 min. elk)
8. Afsluiten	5 min.	10 min.	30 min.
9. Evaluatie	10 min.	10 min.	30 min.

Tabel 7: Tijdsschema van de lerarenopleiding.

Lesplan

	0,5 dag (4 uur – effectief ongeveer 210 min.)	1 dag (8 uur– effectief ongeveer 360 min.)	3 dagen (3x8 uur – effectief ongeveer 1080 min.)
1. Inleiding	Korte introductie: naam en werkplek deelnemers	“Zoek iemand, die...” (een spel om elkaar te leren kennen) ¹	“Zoek iemand, die...” (een spel om elkaar te leren kennen) ¹ Boom met brengen en weghalen ²
2. Over duurzaamheid	thuis online materiaal lezen	thuis online materiaal lezen	ppt + gesprek
3. BioLearn-introductie	15 min. versie van ppt	30 min. versie van ppt	30 min. versie van ppt + oefening
4. Biomimicry	thuis online materiaal lezen	thuis online materiaal lezen	ppt + oefening
5. STE(A)M Onderwijs	thuis online materiaal lezen	thuis online materiaal lezen	ppt + oefening (b.v. gesprek in kleine groepen)
6. Sleutelvaardigheden	thuis online materiaal lezen	thuis online materiaal lezen	ppt + 90' oefening (b.v. NL module – Marvellous models)
7. Modules uitproberen/uitleggen	Introductiemodules – kies er 2 Andere modules – kies er 4	Introductiemodules – kies er 3 Andere modules – kies er 6-7	Introductiemodules – kies er 4 Andere modules – kies er 7-8
8. Afsluiten	Korte mondelinge feedback	Korte mondelinge feedback	langere mondelinge feedback/discussie terugblik op de boom van introductie
9. Evaluatie	Evaluatieformulier invullen	Evaluatieformulier invullen	Evaluatieformulier invullen

Tabel 8: Lesplan voor verschillende lengtes van lerarenopleidingen

¹: Introductiespel: We schrijven zoveel attributen als er deelnemers zijn op een vel papier. De deelnemers moeten voor elk attribuut een persoon vinden. De attributen kunnen gerelateerd zijn aan de training, b.v. gehoord over biomimicry, kent bedrijf(en) die biomimicry gebruiken; maar kan ook heel eenvoudig/gebruikelijk zijn, zoals op de fiets naar het werk gaan.

²: We maken een tekening met een boom (takken en wortel moeten gezien worden) op een groot (A2) vel. De deelnemers krijgen 2-2 post-its. Op een van de post-its schrijven ze wat voor soort ervaring ze meebrengen naar de training (bijvoorbeeld lesgeven in wetenschap of de kinderen meenemen naar excursies); op de andere post-it schrijven ze wat ze mee willen nemen van de training (bijvoorbeeld nieuwe ideeën, kennis over biomimicry). De deelnemers lezen hun aantekeningen één voor één hardop voor en wij plakken de ervaringen aan de wortel van de boom en de meeneemdoelen aan de kruin ervan. Aan het einde van de training controleren we of de afhaalverzoeken zijn ingewilligd of niet.

Voor 2-6 delen moedigen we trainers aan om online materialen of presentaties uit te werken op basis van dit achtergrondboekje.

BioLearn – Evaluatie van lerarenopleiding

Bedankt voor uw deelname aan het BioLearn-project en uw deelname aan de BioLearn-lerarenopleiding.

Om er zeker van te zijn dat we de BioLearn lerarenopleiding in de toekomst kunnen verbeteren, verzoeken wij u onderstaande enquête in te vullen. Het is erg nuttig voor ons wanneer u een opmerking geeft bij elk van uw antwoorden. Uw feedback wordt vertrouwelijk behandeld en uw naam wordt niet gebruikt in openbare rapporten. We stellen het echter op prijs dat u uw naam en contactgegevens aan het einde van de enquête verstrekt, zodat we eventuele opmerkingen die u heeft gemaakt, kunnen opvolgen.

Bij voorbaat hartelijk dank.

1. BioLearn lerarenopleiding was nuttig en inspirerend.

Helemaal eens	Eens	Niet eens Niet oneens	Oneens	Helemaal oneens
----------------------	-------------	----------------------------------	---------------	------------------------

Licht het antwoord toe

1. BioLearn lerarenopleiding heeft me bekend gemaakt met de toolkit-methodologie en verschillende online bronnen die kunnen worden gebruikt bij het opleiden met behulp van biomimicry.

Helemaal eens	Eens	Niet eens Niet oneens	Oneens	Helemaal oneens
----------------------	-------------	----------------------------------	---------------	------------------------

Licht het antwoord toe

2. BioLearn lerarenopleiding heeft me geholpen om mijn begrip voor de volgende biomimicry sleutelvaardigheden te verdiepen:

a) Vragen stellen

Helemaal niet								Heel erg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

b) Functies en patronen in de natuur identificeren

Helemaal niet								Heel erg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

c) Vermogen om natuurlijke oplossingen toe te passen op menselijke uitdagingen

Helemaal niet								Heel erg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. BioLearn lerarenopleiding bevatte hands-on activiteiten die ik kan gebruiken met de studenten.

Helemaal eens	Eens	Niet eens Niet oneens	Oneens	Helemaal oneens
----------------------	-------------	----------------------------------	---------------	------------------------

Licht het antwoord toe

4. BioLearn lerarenopleiding heeft me geholpen te begrijpen hoe biomimicry in het school curriculum kan passen.

Helemaal eens	Eens	Niet eens Niet oneens	Oneens	Helemaal oneens
----------------------	-------------	----------------------------------	---------------	------------------------

Welke vakken betrof het? noem ze.

5. BioLearn lerarenopleiding bevatte demonstraties van activiteiten van minstens 1 module.

JA / NEE

Naam van de geteste module:

Noem 1 activiteit die je nuttig vond voor je studenten:

6. BioLearn lerarenopleiding heeft me geholpen zelfverzekerder te voelen om biomimicry in mijn onderwijzen te implementeren.

Helemaal niet								Heel erg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Licht het antwoord toe

7. BioLearn lerarenopleiding was goed georganiseerd.

Helemaal eens	Eens	Niet eens Niet oneens	Oneens	Helemaal oneens
----------------------	-------------	----------------------------------	---------------	------------------------

Licht het antwoord toe

Contactgegevens

We zullen enkele leraren opvolgen die de enquête invullen. Geef uw contactgegevens op als u het prettig vindt dat wij contact met u opnemen om verder te praten over de leermiddelen van BioLearn. Uw contactgegevens blijven vertrouwelijk.

Naam:

School:

Positie:

Email:

Telefoonnummer:

8. Bronnen

Benyus, J. (1997): *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Morrow, New York

Alawad, A. A (2014): The Impact of Field Trips on Students' Creative Thinking and Practices In Arts Education. *Journal of American Science* 10(1):46-50

p 10. Mahgoub (2014)

p 11. The P21 Model describing how 21st century skills are organized – Denise

p 12. The Four Cs model describing how 21st century skills are organized – Denise

p 15. Baumeister, 2014 – *Biomimicry Resource Handbook* (Saskia)

p 15 The Design-Based Learning methodology vs. the Biomimicry Design Spiral – Denise