Natuur-geïnspireerd ontwerpen voor visual designers

Laurien Wouters

AP Hogeschool
Departement 'Media, Design & IT'

Project: **Sustainable Mindsets**



AP HOGESCHOOL ANTWERPEN

AP FOR PROFESSIONALS

INHOUD

INHOUD 1
0 INLEIDING 3
0.1 Situering 3
0.2 Doel 3
1 CONTEXT 4
1.1 Globale uitdagingen: economisch, sociaal en ecologisch 4
2 EEN DATABASE VOL OPLOSSINGEN 4
2.1 Biomimicry, een nieuwe wereld vol inspiratie 4
2.1.1 Ontwerptool 4
2.1.2 Bio-mimic-ry 4
2.1.3 Bewezen strategieën 5
2.1.4 Duurzame innovatie 5
2.2 ... of een heel oude wereld vol inspiratie? 5
2.2.1 3000 jaar geleden 5
2.2.2 21e eeuw 6
2.3 Situering binnen bio-inspiratie 7
2.3.1 Soorten bio-inspiratie 7
2.3.2 Als tool voor regeneratie 8
2.4 Natuurlijke levens- en ontwerpprincipes 8
2.4.1 Universele principes in de natuur 8
2.4.2 ... vertaald naar ontwerpprincipes 10
2.5 Wist je dat ...? 10
2.6 Cases met impact 11
3 VOOR WIE EN WAT? 12
3.1 Sectoren en profielen 12
3.2 Niveaus, schalen en betekenis 13
3.2.1 Toepassingsniveau 13
3.2.2 Schalen 13
3.2.3 Betekenis 13
4 (NIEUWE) ROL VAN GRAFISCHE ONTWERPERS 14
4.1 (Milieu)bewustzijn versterken 14
4.2 Duurzaam en regeneratief ontwerpen 14
4.2.1 Bewuste keuzes 14
4.2.2 Diversiteit 14
4.2.3 Overleving 14
4.3 Functioneel en efficiënt ontwerpen 15

4.3.1 Inherente functionaliteit 15
4.4 Intuïtieve user experience creëren 15
4.5 Creativiteit boosten 15
4.6 Systeemdenken 16
4.6.1 Holistische aanpak 16
5 INSPIRATIE VOOR VISUAL DESIGNERS 17
5.1 VISUALISATIE 17
5.1.1 Vormen, patronen, structuren 17
5.1.2 Licht en kleur 19
5.1.3 Beweging 19
5.1.4 Hoe geef ik mijn visuele identiteit weer? 20
5.2 COMMUNICATIE 20
5.2.1 Hoe geef ik een verhaal en/of boodschap mee? 20
5.2.2 Data-analyse 21
5.2.3 (Zoek)optimalisatie 21
5.2.4 Informatieoverdracht 22
5.2.5 Personalisatie en interactie 22
5.2.6 Geluid 22
5.3 MATERIALISATIE 23
5.3.1 Materiaalanalyse 23
5.3.2 Materiaaloptimalisatie 24
5.3.3 Materialencombinatie 24
6 HOE AAN DE SLAG MET BIOMIMICRY IN EEN ONTWERP(PROCES)? 25
6.1 Toepassing 25
6.2 Biomimicry thinking 25
6.2.1 Stappenplan 25
6.2.2 2 startpunten, 2 ontwerpscenario's 26
Biomimicry Design Spiral 26
6.3 In de praktijk 27
6.4 Biomimicry-mindset in jouw organisatie 27
6.4.1 Verandering als kans 27
6.4.2 Flexibiliteit inbouwen 27
6.4.3 Innovatie 27
6.4.4 Competitie of samenwerking? 28
7 MEER TOOLS EN INZICHTEN 29
7.1 Toolkits 29
7.2 Inspirerende cases 30
7.3 Literatuur (boeken) 30

7.4 Video's 30
8 BRONNENLIJST 31
9 FIGURENLIJST 33

@2025 AP Hogeschool, **Laurien Wouters** en de onderzoeksgroep MDI, Antwerpen

Contact: laurienwouters99@hotmail.com

0 INLEIDING

0.1 Situering

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kenniscentrum Media, Design en IT, een team van onderzoekers met diverse achtergronden in media, communicatie, design en IT. Onder het speerpunt 'duurzaam ontwerpen en communiceren' ondersteunen ze het creatieve proces visual designers en communicatieprofessionals op weg naar meer duurzaamheid.

Deze whitepaper maakt deel uit van het interne PWO-project 'Sustainable Mindsets'. Met dit project wil de AP Hogeschool studenten én professionals helpen om een duurzamere mentaliteit en bijpassende vaardigheden te ontwikkelen.

0.2 Doel

Er zijn al heel wat studies over biomimicry uitgevoerd die zich richten op de vakgebieden architectuur, engineering en productontwerp, terwijl studies specifiek over grafisch ontwerp schaars zijn. Dit onderzoek verkent de unieke kansen en uitdagingen binnen grafisch ontwerp en communicatie. Deze paper heeft als doelstelling grafische en visuele designers te informeren over de significante leerkansen die de natuur biedt om een media- of communicatieprobleem succesvol en creatief op te lossen.

1 CONTEXT

1.1 Globale uitdagingen: economisch, sociaal en ecologisch


Figuur 1: Globale uitdaging

In het licht van wereldwijde uitdagingen wordt innovatie niet langer alleen gemeten aan de hand van economische en technologische vooruitgang, maar steeds meer aan de hand van sociale en milieuprestaties. Gecombineerd met de groeiende vraag naar verantwoorde, ethische en duurzame producten en strengere milieumaatregelen, worden bedrijven gedwongen oplossingen te ontwikkelen die zowel de samenleving als de planeet ten goede komen.

Ook ontwerpers krijgen steeds meer te maken krijgt met globalisering en de bijhorende sociale en milieukwesties. Hierbij speelt de professionalisering en opleiding van ontwerpers een cruciale rol in het creëren van duurzame producten en media-uitingen. Ontwerpers moeten leren hoe ze duurzaam omgaan met materialen, energieverbruik minimaliseren, recyclen en hergebruiken. **Duurzaamheid wordt steeds belangrijker in het ontwerpproces en is daardoor niet meer weg te denken voor ontwerpers**. (Bakan & Bakan, 2022)

2 EEN DATABASE VOL OPLOSSINGEN

2.1 Biomimicry, een nieuwe wereld vol inspiratie

2.1.1 Ontwerptool

Biomimicry, of biomimetica, is een **ontwerptechniek die inspiratie haalt uit de natuur** om duurzame oplossingen voor menselijke en maatschappelijke problemen te creëren (BioLearn-project, 2021). Het draait om het begrijpen en toepassen van de **onderliggende principes, systemen en strategieën** die in de natuur aanwezig zijn om zo innovatieve oplossingen te ontwikkelen voor de globale uitdagingen waar wij als samenleving voor staan, zoals de klimaatcrisis.


Figuur 2: Magnifying glass

Je zou bijvoorbeeld koolstofdioxide enkel als schadelijke stof kunnen zien dat we moeten elimineren. Planten en bomen uit de natuur daarentegen benutten dit gas juist als energiebron en bouwsteen voor leven. Dit inzicht heeft bij bedrijven al geleid tot de ontwikkeling van biologisch afbreekbare plastics uit broeikasgassen. (Kuckreja, 2022)

Door te **observeren hoe de natuur werkt**, kunnen we veel sneller en effectiever circulaire, duurzame en zelfs regeneratieve doelen bereiken.

2.1.2 Bio-mimic-ry

De term ‘biomimicry’ werd voor het eerst geïntroduceerd door Janine Benyus, een Amerikaanse bioloog, auteur en innovatieconsultant. Het woord komt van de Griekse termen **'bios' (leven) en 'mimesis' (nabootsen)** (BioLearn-project, 1997). Benyus gelooft dat hoe meer we van de natuur leren, hoe meer we geneigd zijn haar te beschermen (Biomimicry 3.8, 2023). Biomimicry is geen tijdelijke oplossing, maar een langetermijnvisie geworteld in het leven.

De termen biomimicry, biomimetica, bionica en bioinspiratie worden vaak door elkaar gebruikt, maar er zijn wel degelijk nuances in betekenis en gebruik (BioLearn-project, 2021). Hier is een overzicht van semi-synoniemen van ‘biomimicry’, gerangschikt van algemeen naar specifiek (BioInspired, 2022);

Bioinspiratie	overkoepelend begrip voor de natuur als bron van ideeën
Bio-geïnspireerd ontwerpen	algemeen begrip voor ontwerpen geïnspireerd op de natuur

Biomimicry	meer dan alleen imiteren; het gaat om leren van de natuur met aandacht voor duurzaamheid en ethiek
Biomimetica	wetenschappelijke benadering; het nabootsen van natuurlijke systemen en structuren ter optimalisatie
Bionica	combineert biologie met techniek; focust op het toepassen van biologische principes in technologie

2.1.3 Bewezen strategieën

Het leven plant zich al miljarden jaren voort, soorten hebben lang de tijd gehad om innovatieve oplossingen te ontwikkelen om hun overlevings- en voortplantingsstrategieën te verbeteren. Dit heeft geleid tot aanpassingen zoals het snel opbouwen van hoge structuren om te ontsnappen aan prooien, of het gebruik van kleur om concurrerende soorten af te schrikken. Het zijn oplossingen waar we als mens niet onmiddellijk aan denken, maar waar de natuur bij manier van spreken al miljoenen jaren over heeft nagedacht (Adriaens & Wijffels, 2024).

Met **meer dan 4 miljard jaar aan evolutie** op de teller, heeft de natuur een enorme database aan oplossingen opgebouwd van hoe het leven kan gedijen binnen het evenwicht van ecosystemen (MacCowan et al., 2021). Gedurende al die jaren heeft de natuur voortdurend geëxperimenteerd en geëvalueerd, wat heeft geleid tot oplossingen die zowel **efficiënt** als **duurzaam** zijn. Dit stelt ons in staat om bewezen strategieën toe te passen die ons helpen beter om te gaan met de uitdagingen van vandaag, zoals het behoud van hulpbronnen en het minimaliseren van de impact op het milieu.

2.1.4 Duurzame innovatie

Het gebruik van biomimicry biedt talrijke voordelen voor bedrijven of personen die op zoek zijn naar duurzame innovaties. Het stelt hen in staat nieuwe producten en diensten te ontwikkelen die zowel **functioneel** als **milieuvriendelijk** zijn, mits het goed wordt toegepast. Ontwerpen geïnspireerd op de natuur zijn vaak beter in staat zich aan te passen aan veranderende omstandigheden, zijn energiezuinig, minimaliseren het verbruik van hulpbronnen, geven een optimaal visueel beeld, etc. Duurzaamheid is ingebed in de evoluerende ontwerpen uit de natuur. Duurzaamheid houdt ook in dat er een positieve impact op de lange termijn is, en op dit vlak presteren natuur-geïnspireerde oplossingen bijzonder goed.

> **“Als we kijken naar wat écht duurzaam is, is het enige model dat over lange perioden heeft gewerkt, de natuurlijke wereld.”**
>
> ~ (Janine Benyus, 1997)

Als ontwerpers kunnen we leren van de natuur en haar principes gebruiken om een toekomst te creëren die niet alleen innovatief is, maar ook **in harmonie met de planeet**.

2.2 … of een heel oude wereld vol inspiratie?

2.2.1 3000 jaar geleden



Figuur 3: Schets Leonardo Da Vinci.

Al sinds mensenheugenis inspireert de natuur de mens als bron van creatieve oplossingen voor allerlei uitdagingen.
Zo maakten de Egyptenaren drieduizend jaar geleden al houten prothesen om tenen na amputatie te vervangen (Adriaens & Wijffels, 2024). Ook tijdens de renaissance gebruikte Leonardo da Vinci biomimicry, bijvoorbeeld in zijn ontwerpschetsen voor een vliegmachine, de voorloper van het vliegtuig, of in zijn toepassing van de Fibonaccireeks en de Gulden Snede. Deze inzichten brachten een **revolutie** teweeg in de manier waarop vernieuwers **esthetisch aantrekkelijke ontwerpen** creëerden door de wiskundige patronen van de natuur te benutten.

Denk aan de iconische spiraalvormen van nautilusschelpen, bloeiende bloemen en andere natuurlijke structuren die ontwerpers door de eeuwen heen hebben geïnspireerd. Biomimicry is daarmee een essentieel onderdeel van onze culturele en ontwerpgeschiedenis. (Hall, 2024)

Vandaag zijn de voorbeelden eindeloos: van zelfreinigende oppervlakken geïnspireerd op de huid van gekko's, die helpen om objecten schoon en steriel te houden, tot het optimaliseren van vrachtvervoer door het navigatiegedrag van mieren te bestuderen. (Adriaens & Wijffels, 2024)

De praktische toepassing van biomimicry als ontwerpmethode blijft echter **grotendeels onderbelicht**. Hoewel de term voor het eerst opdook in de wetenschappelijke literatuur in 1962, kreeg hij pas in de jaren 80 meer bekendheid, vooral onder materiaalkundigen (Aziz & Sherif, 2015, p. 708).

> **"Those who side with any flag other than nature – the master of all masters – labour in vain."**

~ (Leonardo Da Vinci, z.d.)

2.2.2 21e eeuw

De voorbije jaren heeft biomimicry aan belang gewonnen binnen de ontwerpwereld en speelt het een cruciale rol in het ontwikkelen van duurzame oplossingen voor de toekomst. Dit is zichtbaar in vrijwel alle designgebieden. (Hall, 2024)

De afgelopen tien jaar is er wereldwijd een sterke groei waargenomen in patenten en publicaties over natuur-geïnspireerde innovatie, met China en de VS als koplopers. Deze landen beschikken niet alleen over de grootste patentbibliotheken op dit gebied, maar investeren ook fors in het omzetten van academisch onderzoek naar commerciële toepassingen – een trend die halverwege de 20e eeuw begon. (MacCowan et al., 2021)

De opkomst van biotechnologie, de technologische toepassing van biologische kennis (bijvoorbeeld voor het fermenteren van kaas), heeft de interesse van bedrijven in natuurlijke systemen verder aangewakkerd. Dit heeft geleid tot indrukwekkende statistieken op 10 jaar tijd, gemeten tussen 2010 en 2020 (MacCowan et al., 2021):

171% toename in patenten
161% toename in publicaties
2000% toename in nieuwsartikelen

Volgens de OESO speelt deze groei in patenten een sleutelrol in technologische ontwikkelingen en economische vooruitgang. Biomimicry is daarmee niet alleen een **bron van innovatie**, maar ook een **motor voor economische groei**. (MacCowan et al., 2021)

Ook duurzaamheidsexperte Leen Gorissen ziet veel kansen in biomimicry. Zij is een Belgische biologe, consultant, pionier en auteur. In haar boek haalt ze aan dat, na een decennium te hebben besteed aan onderzoek en ontwikkeling op het gebied van duurzaamheid, ze tot de conclusie is gekomen dat biomimicry bij één van de meest veelbelovende methodologieën behoort voor **toekomstbestendige innovatie.** (Gorissen, 2020)

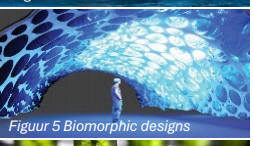
> **"Ik denk dat de grootste innovaties van de 21e eeuw zich zullen bevinden op het snijvlak van biologie en technologie.**

~ Steve Jobs (Managementboek.nl, 2025)

2.3 Situering binnen bio-inspiratie

2.3.1 Soorten bio-inspiratie

Biomimicry is een vorm van bio-geïnspireerd ontwerpen, maar omgekeerd geldt niet dat alle bio-geïnspireerde ontwerptechnieken vallen onder biomimicry. Bij het verkennen van natuur-inspiratie, kom je vaak verschillende “bio”-termen tegen. Deze begrippen overlappen soms of worden op inconsistente wijze gebruikt, wat voor verwarring kan zorgen (Haidar, 2022). Hieronder bieden we een overzicht van veelgebruikte termen binnen de wereld van bio-inspiratie, inclusief hun betekenis en een concreet voorbeeld. (*Biomimicry And Bio-inspired Design - Important Terms*, 2022)

 Figuur 4: A whale of a wind turbine	**biomimicry**	functioneert zoals de natuur op vlak van vorm, proces of ecosysteem	windturbines met bladen geïnspireerd door de vorm van walvisvinnen voor betere efficiëntie
 Figuur 5 Biomorphic designs	**biomorfisme**	lijkt op de natuur (bio-replicatie van vormen of patronen)	gebouwen met organische vormen geïnspireerd door bijenkorven of zeeschelpen
 Figuur 5: Biofuel	**bio-utilisatie**	maakt gebruik van de natuur	algen inzetten om CO_2 om te zetten in biobrandstof
 Figuur 7: Bees and crop yields	**bio-assistentie**	werkt samen met de natuur door organismen te ondersteunen of te modificeren	bijen inzetten voor bestuiving van gewassen, soms met hulp van menselijke technologie
 Figuur 8: Biophilia	**biofilie**	verbindt mens en natuur door natuurlijke elementen/processen te integreren	binnenruimtes met veel planten en natuurlijke lichtinval om welzijn te bevorderen
 Figuur 9: Myco leather	**biofabricatie**	creëert producten met behulp van biologische processen of organismen	het groeien van biologisch afbreekbare materialen zoals mycelium-leer
 Figuur 10: Vitamin suplements	**biochemie**	begrijpt en benut de chemische processen binnen levende organismen	het ontwikkelen van medicijnen op basis van natuurlijke moleculen
 Figuur 11: Future of coaching	**biodata**	verzamelt en analyseert biologische gegevens om inzichten of innovaties te verkrijgen	gebruik van wearable technologie om gezondheidspatronen in kaart te brengen
	...		

Hoewel de termen variëren, blijft de boodschap dezelfde:

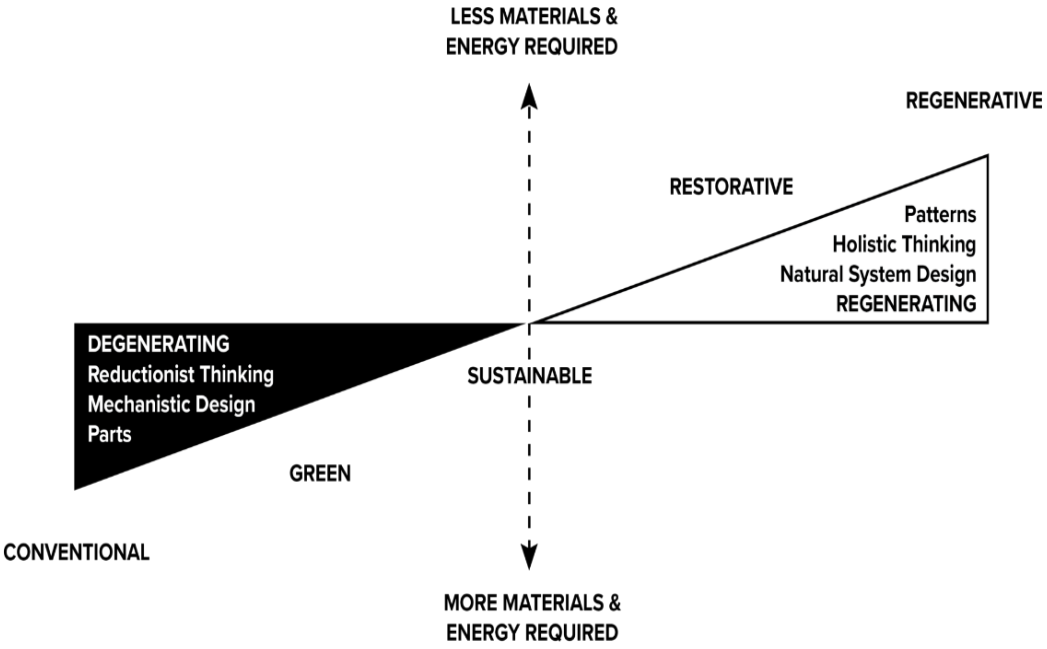
> “**De natuur als onuitputtelijke bron voor inspiratie.**”

~ (Adriaens & Wijffels, 2024)

2.3.2 Als tool voor regeneratie

Biomimicry kan worden gezien als een **specifieke tool binnen het bredere kader van regeneratief ontwerpen**. Terwijl biomimicry zich richt op het vinden van natuur-geïnspireerde oplossingen voor menselijke uitdagingen, gebruikt regeneratief ontwerpen die oplossingen binnen een groter systeem dat gericht is op herstel en verbetering van de relatie tussen mens en natuur (Boone, 2024).

Deze figuur laat zien hoe traditionele ontwerpen verschillen van ontwerpen die de natuur als voorbeeld nemen:



Figuur 12: Transformation from sustainability to regenerative

'Natural system design' integreert menselijke en natuurlijke systemen op een manier die actief bijdraagt aan regeneratie en gezondheid van de omgeving. Levende systemen streven naar regeneratie, dat leidt tot een hoger niveau van gezondheid, welvaart, vitaliteit en levensvatbaarheid.

'Mechanistic design' of **'Technical system design'** minimaliseert negatieve milieu-impact door efficiëntie, zoals het beperken van energie- en materiaalgebruik. Traditionele technische systemen richten zich op "niet erger maken", met duurzaamheid als limiet.

De nulsom (het uitroeien van negatieve of degeneratieve gevolgen), tegenwoordig opgevat als het doel van duurzaamheid (bijvoorbeeld CO2 neutraliteit), leidt feitelijk niet tot succes op lange termijn. Alleen diegenen die (extra) waarde toevoegen aan het grotere geheel zullen overblijven. In de figuur markeert het nulpunt 'sustainable' een overgang tussen schadebeperking en actief herstel. Het benadrukt dat regeneratieve ontwerpen verder gaan dan duurzaamheid: ze bouwen aan systemen die zichzelf herstellen en verder ontwikkelen. (Blok, 2022)

2.4 Natuurlijke levens- en ontwerpprincipes

2.4.1 Universele principes in de natuur

Alles op aarde is met elkaar verbonden en van elkaar afhankelijk. Onder dezelfde operationele omstandigheden heeft het leven in 3,8 miljard jaar een reeks strategieën ontwikkeld die blijven werken. We zien deze terugkeren in alle levensvormen die overleven en floreren op aarde. (BioLearn-project, 2021)

We kunnen van de natuur leren door **diepere, onderliggende**, maar ook **overkoepelende universele principes** te bestuderen. Janine Benyus bespreekt negen principes in haar boek 'Biomimicry: Innovation inspired by nature' die zowel aan het begin als aan het einde van een ontwerpproces kunnen gebruikt worden, **als inspiratie en als evaluatiecriteria.**

Het zijn universele levensprincipes die bij vrijwel alle organismen voorkomen, waardoor je **geen bioloog hoeft te zijn** om ze te begrijpen.

De natuur ...

... draait op zonlicht.	De natuur gebruikt zonlicht als energiebron. In plaats van fossiele brandstoffen te gebruiken, zouden we net als de natuur hernieuwbare energie kunnen benutten.
... gebruikt alleen de energie die het nodig heeft.	De natuur gebruikt alleen de benodigde energie uit hernieuwbare, lokaal beschikbare bronnen en minimaliseert energieverbruik d.m.v. efficiënte processen.
... gebruikt een vorm die bij de functie past.	In de natuur heeft alles een functie die bepaalt welke vorm het aanneemt. Ontwerpen in de natuur zijn efficiënt, net als een boom die zijn takken spreidt om zonlicht te vangen.
... recyclet alles.	Alles in de natuur is biologisch afbreekbaar en er is geen afval. Alles heeft een doel en wordt hergebruikt in nieuwe levenscycli.
... beloont samenwerking.	De natuur draait op samenwerking, zoals tussen planten en bestuivers, om overleving te waarborgen.
... steunt op diversiteit.	Diversiteit versterkt ecosystemen en helpt ze stabieler en veerkrachtiger te blijven bij veranderingen in het milieu.
... vereist lokale expertise.	Natuurlijke systemen zijn lokaal gebonden. Soorten gedijen onder specifieke omstandigheden, zoals lokaal weer en bodemkwaliteit.
... streeft naar balans.	Ecosystemen proberen in balans te blijven. Wanneer er een teveel aan iets is, wordt het systeem aangepast, zoals de controle van muizen door uilen.
... benut de kracht van grenzen.	De natuur werkt binnen grenzen zoals klimaat en populatiedichtheid. Begrenzing is niet een probleem, maar een manier om duurzaam en efficiënt te opereren

Naast de 9 principes van Janine Benyus heeft het Biomimicry Institute (2021) aanvullende natuurlijke patronen opgesteld. Sommige overlappen, maar voor de volledigheid geven we deze hieronder weer.

De natuur ...

... optimaliseert eerder dan te maximaliseren.	De natuur zoekt balans in het gebruik van middelen en energie, omdat een te grote hoeveelheid groei of verbruik schade kan veroorzaken aan organismen en ecosystemen.
... gebruikt materialen die veilig zijn voor levende wezens.	Organismen gebruiken milieuvriendelijke stoffen, gebaseerd op water en 3D-structuren, om efficiënt te functioneren en materialen veilig af te breken tot nuttige bouwstenen.
... functioneert o.b.v. informatie.	De natuur werkt met signalen en feedbackloops om informatie te verzenden, ontvangen en verwerken, waardoor systemen afgestemd zijn op omgevingsveranderingen.
... is bestand tegen verstoringen.	Veerkracht in de natuur is het vermogen om te herstellen van verstoringen dankzij diversiteit, redundantie (overtolligheid), decentralisatie en zelfherstel.
...gebruikt overvloedige grondstoffen en spaart schaarse.	De natuur gebruikt lokaal beschikbare materialen en voorkomt afval met slimme, efficiënte bouwprocessen.
... biedt wederzijdse voordelen.	In de natuur komen veel interacties voor die wederzijds voordelig zijn, variërend van symbiotische relaties tot het gebruik van elkaars afval als hulpbron.

Deze principes laten zien hoeveel we kunnen leren van de natuur door gewoon aandacht te besteden aan hoe ze werkt. Ze klinken misschien voor de hand liggend, maar worden vandaag nog steeds niet altijd in het achterhoofd gehouden gedurende een ontwerpproces.

2.4.2 … vertaald naar ontwerpprincipes

Uit al deze principes kunnen we waardevolle lessen trekken om mee te nemen in ons ontwerpproces.
Deze **ontwerplessen**, bekend als **Life's Principles**, vertegenwoordigen voorgaande overkoepelende principes en patronen die we zien terugkeren in levensvormen die overleven en floreren op aarde. Het leven heeft deze strategieën geoptimaliseerd om duurzaamheid te bevorderen. Door van de natuur te leren, kunnen we innovatieve oplossingen creëren en onze ontwerpen afstemmen op duurzame standaarden, waarbij de natuur als mentor fungeert en de Life's Principles ons richting geven. (User, 2024)

LIFE'S PRINCIPLES

Pas je aan **veranderende omstandigheden** aan.

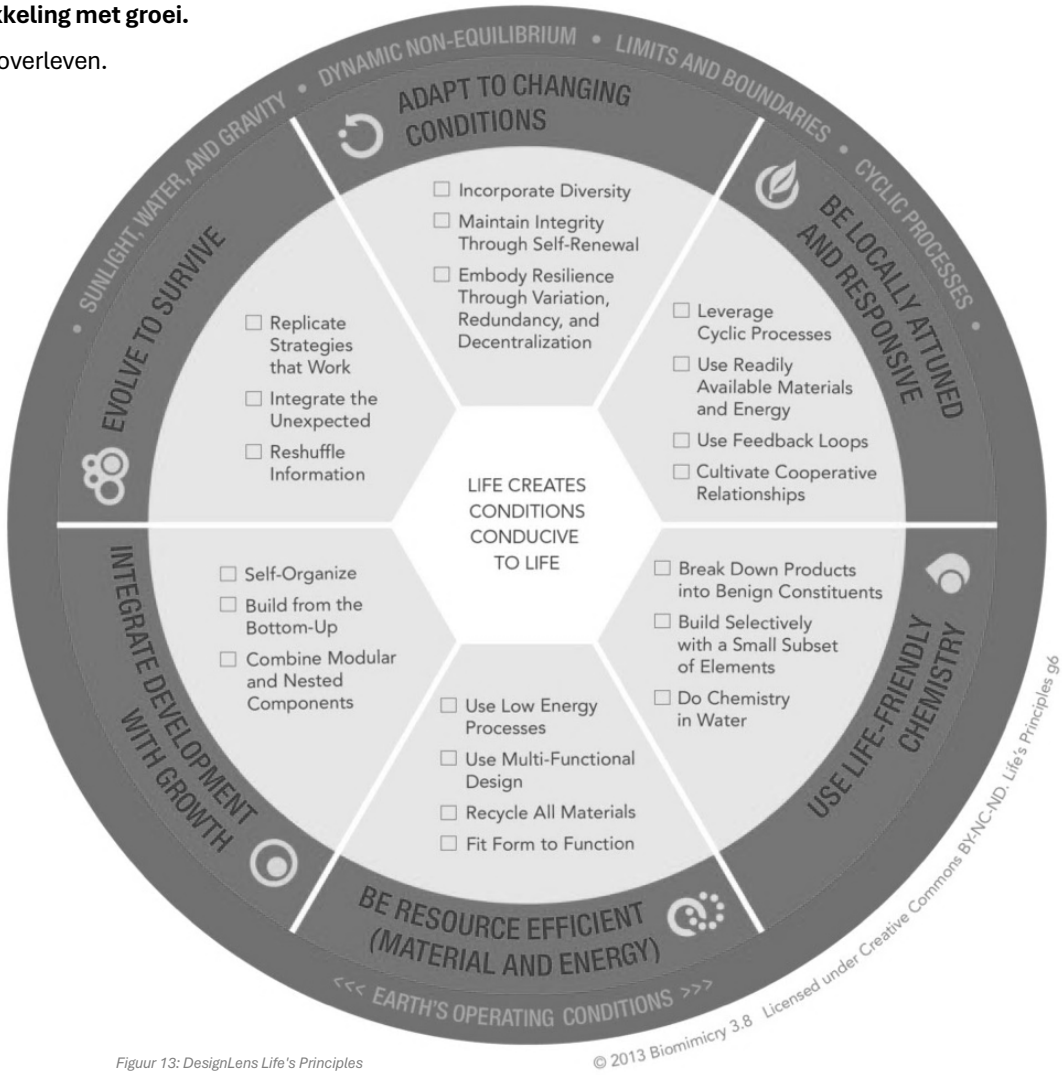
Wees goed afgestemd op je **lokale omgeving.**

Vermijd **schadelijke chemische** processen.

Ga **efficiënt** om met **grondstoffen.**

Integreer **ontwikkeling met groei.**

Evolueer om te overleven.



Figuur 13: DesignLens Life's Principles

2.5 Wist je dat …?

… innoveren met de natuur als inspiratie ontwerpers nog meer verrassende voordelen biedt naast **duurzaamheid** en **functionaliteit**? Onder andere onderstaande positieve neveneffecten, die vooral tijdens het ontwerpproces voelbaar zijn:

Natuur-geïnspireerde innovatie is doorgaans...

... een gratis bron De natuur biedt een onuitputtelijke bron van inspiratie, voortgekomen uit miljoenen jaren evolutie. Deze natuurlijke oplossingen liggen voor het grijpen – we hoeven alleen maar proactief te zijn en met een open blik aandachtig te observeren. (Kuckreja, 2022)

... tijdbesparend Biomimicry integreren in een ontwerpproces kan, net als andere ontwerpstrategieën, veel tijd besparen, maar wat biomimicry uniek maakt is dat je oplossingen gebruikt die in de natuur al miljoenen jaren getest en verfijnd heeft. Dit verkleint de kans op vroegtijdig falen, omdat je werkt met strategieën die zich al bewezen hebben. Bovendien biedt het een duidelijke richting voor innovatie, waardoor je minder tijd kwijt bent aan experimenteren of het zoeken naar compleet nieuwe ideeën. (Poelman, 2021)

... tijdloos Met biomimicry kan je tijdloze ontwerpen creëren die duurzaam en flexibel zijn, waardoor ze in bepaalde mate en contexten relevant blijven, ongeacht trends of tijdelijke behoeften.

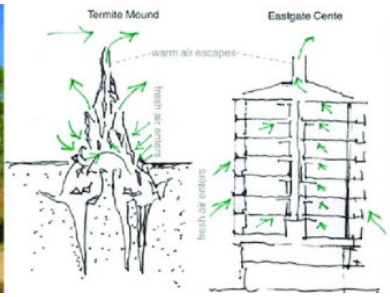
... goedkoper Biomimicry kan goedkoper uitkomen doordat het efficiënte, duurzame oplossingen uit de natuur gebruikt, verspilling en energieverbruik vermindert, en kosten voor herontwerp en reparaties voorkomt.

2.6 Cases met impact

Vaak levert biomimicry indrukwekkende verbeteringen op: denk bijvoorbeeld aan 10 tot 50% minder energie- of materiaalverbruik, minder weerstand of juist een toename in efficiëntie, snelheid, levensduur, etc. In sommige gevallen loopt die winst zelfs op tot 80 à 90% – iets wat met traditionele ontwerpbenaderingen zelden wordt gehaald. Praktijkvoorbeelden kunnen het beste illustreren hoe natuur-geïnspireerd ontwerp kan leiden tot baanbrekende innovaties in allerlei sectoren.

– **90%** energiereductie



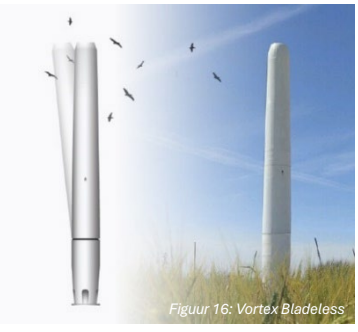



Figuur 14: Ventilation System

Termietenheuvels zijn indrukwekkende structuren die termieten bouwen van aarde en speeksel. Ze houden een constante binnentemperatuur, zelfs als het buiten erg warm of koud is. Dit komt door een slim ventilatiesysteem: lucht komt binnen via openingen onderaan, circuleert door tunnels, en warme lucht ontsnapt bovenaan. Dit inspireerde gebouwen zoals het 'Eastgate Centre' in Zimbabwe, dat **90% minder energie verbruikt voor koeling.** (Fehrenbacher, 2012)

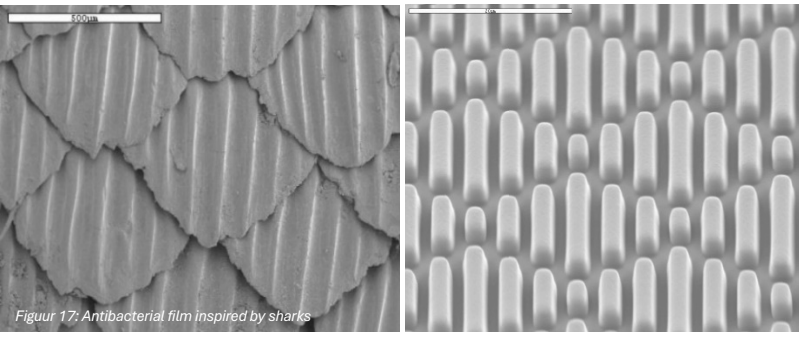
– **80%** materiaalreductie


Figuur 15: Murmurations


Figuur 16: Vortex Bladeless

Vortex Bladeless windturbines zijn geïnspireerd door de manier waarop vogels in zwermen bewegen. Ze benutten luchtstromen op een efficiënte manier zonder grote turbulentie, wat energie bespaart. Het ontwerp van de turbine imiteert deze natuurlijke beweging met een slanke, cilindrische vorm die trilt in de wind, zonder bladen. Dit **vermindert het materiaalgebruik met 80% en verlaagt de kosten per opgewekte kWh tot 30%,** wat de turbine efficiënter, goedkoper én diervriendelijker maakt dan conventionele windturbines. (Chelimila & Das, 2024)

– **99%** reductie in bacteriegroei



Figuur 17: Antibacterial film inspired by sharks

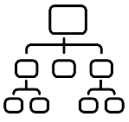
Sharklet is een innovatieve technologie die bacteriegroei tot 99% vermindert dankzij een micropatroon geïnspireerd op de haaienhuid. Deze structuur voorkomt dat bacteriën zich vasthechten en ophopen. Het mooie is: er komen geen chemicaliën of antibiotica aan te pas, wat het tot een veilige en duurzame oplossing maakt. Sharklet wordt toegepast in medische hulpmiddelen, folies en consumentenproducten om hygiëne te verbeteren en infecties te voorkomen. (Sharklet Technologies, Inc., 2023)

> **“We believe that some of the best design solutions are found not on our screens, but in the world around us.”**
>
> ~ (Bl3nd Design)

3 VOOR WIE EN WAT?

3.1 Sectoren en profielen

Biomimicry is niet beperkt tot innovaties binnen de sectoren in bovengenoemde voorbeelden, maar kan veel breder worden toegepast en zelfs binnen diverse disciplines tot innovatie leiden. Bestaande toepassingen waarin biomimicry al impact heeft gemaakt, kunnen worden ondergebracht in de volgende sectoren, met daarbij de relevante impactmakers:

grondstoffen & materialen & productie	architectuur & ruimte	voeding & landbouw	gezondheid & biotech	energie & transport	technologie & innovatie	organisatie & beleid	informatie & communicatie & visualisatie
							
product-ontwerpers (verpakkingen)	architecten (infrastructuur, bouw)	deskundigen en boeren	ontwerpers, ingenieurs	ingenieurs, distributeurs	innovators, pioniers	managers, ondernemers, beleidsmakers	visuele en communicatie-specialisten

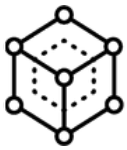
Ook duurzaamheidsspecialisten en andere profielen kunnen (overkoepelend) een inbreng hebben in deze sectoren.

Grafische ontwerpers hebben baat bij de toepassingen die vallen onder ‘informatie, communicatie en visualisatie’ en **verpakkingsontwerpers** vooral bij toepassingen onder ‘grondstoffen, materialen en productie’.

3.2 Niveaus, schalen en betekenis

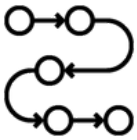
3.2.1 Toepassingsniveau

Biomimicry kent drie toepassingsniveaus (Biomimicry 3.8, 2024):



Vorm

Voorbeeld
Velcro (klittenband), geïnspireerd door de haakjes van kliszaad



Proces

Voorbeeld
Zelfreinigend glas, geïnspireerd door de lotusbloem die waterdruppels vuil laat afstoten.



(Eco)systeem

Voorbeeld
zero-waste productieprocessen, geïnspireerd door natuurkringlopen waarin afval een grondstof is.

3.2.2 Schalen

Ook qua grootte kunnen we biomimicry toepassingen indelen in drie schalen:



Micro

Kleine schaal

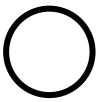
Voorbeeld
Sharklet-oppervlakken die bacteriegroei remmen met een patroon geïnspireerd op haaienhuid



Meso

Middelgrote schaal

Voorbeeld
De Shinkansen-trein, met een ijsvogel-geïnspireerde neus voor minder luchtweerstand en energieverbruik.



Macro

Grote schaal

Voorbeeld
Het Eastgate Centre in Zimbabwe, dat energiezuinig wordt gekoeld o.b.v. het ventilatiesysteem van termietenheuvels.

3.2.3 Betekenis

Biomimicry kent letterlijke toepassingen, waarbij de natuur direct wordt nagebootst, en figuurlijke toepassingen, waarbij de natuur als inspiratie voor concepten dient.



Letterlijk

Biologische principes kunnen vrij letterlijk vertaald en gerepliceerd worden naar een concreet ontwerp.

Voorbeeld
Velcro (klittenband), geïnspireerd door de haakjes van kliszaadjes die zich aan vacht vasthechten.



Figuurlijk / Metaforisch

Biologische modellen kunnen ook meer metaforisch of figuurlijk vertaald worden tot een concept.

Voorbeeld
Bedrijfsstructuren die de samenhang van mierenkolonies nabootsen voor efficiëntere samenwerking.

4 (NIEUWE) ROL VAN GRAFISCHE ONTWERPERS

De natuur is al eeuwenlang een **rijke inspiratiebron voor creatieve geesten**. Haar complexe patronen, harmonieuze kleurenschema's en slimme structuren blijven hen maar fascineren. Hoewel de meest tastbare en concrete voorbeelden vaak uit productontwerp en architectuur komen, speelt biomimicry ook een verrassend grote rol in grafisch ontwerp. De natuur biedt hier inspiratie op verschillende manieren: letterlijk, zoals bij verpakkingsontwerp, en figuurlijk, bijvoorbeeld om een merk te symboliseren. Het concept van biomimicry wint de laatste jaren dan ook steeds meer terrein in de grafische wereld. (Jamtion, 2023)

4.1 (Milieu)bewustzijn versterken

De visuele ontwerpindustrie speelt een cruciale rol in visuele communicatie en marketing, zowel binnen als buiten de creatieve sector. Daarmee groeit ook haar verantwoordelijkheid voor duurzaamheid. Grafische ontwerp is veel krachtiger dan andere informatiemiddelen om **milieubewustzijn te vergroten en gewenst gedrag te stimuleren**: het is snel, effectief en direct (Bakan & Bakan, 2022). Ontwerpers kunnen met natuur-geïnspireerde beelden en thema's in campagnes en projecten aandacht vragen voor ecologische duurzaamheid en milieukwesties (Benson & Perullo, 2016).

De eco-ontwerpfilosofie transformeert de grafische ontwerper van puur vormgever naar een meer holistische veranderaar, die ook invloed zal hebben op bijvoorbeeld gedragsgewoonten in het teken van milieuvriendelijkheid.

4.2 Duurzaam en regeneratief ontwerpen

Duurzaam en regeneratief ontwerpen staat steeds meer in de schijnwerpers. Biomimicry biedt een aanpak om niet alleen te voldoen aan de groeiende vraag naar duurzaamheid op alle drie de ESG-pijlers, maar zelfs een stap verder te gaan richting regeneratie.

4.2.1 Bewuste keuzes

Ontwerpers kunnen milieuvriendelijke oplossingen bedenken die inspelen op de groeiende vraag naar duurzaam ontwerpen. Belangrijke pijlers zijn het bewust omgaan met materialen en middelen zoals energie, water, papier, inkt, oplosmiddelen en verpakkingen. Waar mogelijk is het zinvol om te kiezen voor lokale of hernieuwbare bronnen. In de grafische sector ligt dit soms minder in handen van de ontwerpers zelf, omdat keuzes zoals drukkerij of leverancier vaak bepaald worden door de opdrachtgever en het budget. Toch kunnen ontwerpers wel meedenken over duurzamere keuzes, zoals efficiënter materiaalgebruik of ontwerpen die minder afval genereren. De grootste uitdaging is meestal niet de balans tussen esthetiek en duurzaamheid, maar de combinatie van tijdsdruk en kosten. Krappe deadlines en prijsdruk maken het lastig om altijd de meest duurzame opties te realiseren. Toch kan grafisch ontwerp, met de juiste mindset en samenwerking, wel degelijk bijdragen aan duurzame innovatie en laten zien hoe **creativiteit en ecologisch bewustzijn** elkaar kunnen versterken.

4.2.2 Diversiteit

Het is waardevol om te kiezen voor diversiteit en **variatie** in verkoops- en mediakanalen, klanten en leveranciers. Organisaties of ontwerpers kunnen hier zelfs nog een stap verder gaan door nog meer **diversiteit in die diversiteit** te brengen, een strategie die we in de natuur vaak over het hoofd zien, maar die essentieel is voor overleving. (Poelman, 2021)

4.2.3 Overleving

Enkele belangrijke overlevingsstrategieën uit de natuur die in een ontwerp en organisatie toegepast kunnen worden, zijn **flexibiliteit, veerkracht en aanpasbaarheid**. Deze eigenschappen helpen het bedrijf economisch in stand te houden.

Enkele belangrijke overlevingsstrategieën uit de natuur die toepasbaar zijn binnen ontwerp en organisatie, zijn **flexibiliteit**, **veerkracht** en **aanpasbaarheid**. In ecosystemen zorgen deze eigenschappen ervoor dat soorten kunnen overleven bij verandering of verstoring. Denk aan dieren die hun gedrag aanpassen aan nieuwe omstandigheden.
Ook organisaties die deze principes omarmen, blijken beter bestand tegen economische schommelingen en onvoorziene uitdagingen. Door flexibel in te spelen op verandering, veerkrachtig te reageren op tegenslagen en zich vlot aan te passen aan nieuwe situaties, vergroten ze hun overlevingskansen op lange termijn.

4.3 Functioneel en efficiënt ontwerpen

De natuur blinkt uit in efficiëntie. Denk aan de zeshoekige vorm van een honingraat: een energiezuinige en uiterst stabiele structuur die met minimale hoeveelheid materiaal maximale ruimte creëert. Na miljoenen jaren evolutie is die functionaliteit tot in de perfectie verfijnd.
Deze natuurlijke principes kunnen ontwerpers inspireren tot **eenvoudiger, doelgerichter en functioneler** grafisch werk. Dat betekent niet per se minder drukwerk of een voorkeur voor digitaal – beide hebben hun eigen impact en zijn technisch al sterk geoptimaliseerd. Wel kan er binnen elk medium bewust worden nagedacht over materiaalgebruik, bestandsgrootte, productiemethoden en levensduur, zodat ontwerpen efficiënter en duurzamer worden binnen hun context.

4.3.1 Inherente functionaliteit

Natuurlijke vormen en patronen kunnen niet alleen worden gebruikt vanwege hun schoonheid, maar ook vanwege hun **inherente functionaliteit**. De honingraatstructuur kan ontwerpers inspireren om lay-outs te creëren die ruimte en organisatie optimaal benutten. Door natuurlijke principes te observeren en te integreren, kunnen grafisch designers een ontwerp creëren dat niet alleen visueel verbluffend en esthetisch aantrekkelijk is, maar ook functioneel en duurzaam. Dit noemen ze **functionele esthetiek** (Bl3nd Design, 2024).

4.4 Intuïtieve user experience creëren

Grafische ontwerpers kunnen oplossingen uit de natuur bestuderen om de gebruikerservaring in digitale en gedrukte media te verbeteren. Door te kijken naar **visuele en tactiele** elementen en strategieën in de natuur, kunnen ontwerpers hun doelgroep op een intuïtieve manier prikkelen.

De kleurenpaletten van de natuur staan bekend om hun **harmonie en balans**. De levendige tinten van een pauwenveer of de rustgevende tinten van een zonsondergang kunnen dienen als inspiratie voor het creëren van **kleurenschema's die aanslaan bij de doelgroep**. Biomimicry in kleurkeuze helpt ontwerpers om specifieke **emoties en reacties** op te roepen.

De wereld van flora en fauna zit vol met ingewikkelde patronen en texturen. Of het nu de ruwe bast van een boom is of de fijne nerven van een blad, de natuur biedt een overvloed aan inspiratie. Grafische ontwerpers kunnen deze natuur-geïnspireerde patronen, texturen en materialen nabootsen om **diepte en een tactielere en meeslepende gebruikerservaring** aan hun ontwerpen toe te voegen (Bl3nd Design, 2024). Het zorgt ervoor dat gebruikers zich **intuïtiever verbonden voelen** met onze producten en diensten (Hall, 2024).

4.5 Creativiteit boosten

In de voortdurend veranderende wereld van grafisch ontwerp is het een constante uitdaging om frisse en innovatieve inspiratie te vinden. Toch is een van de meest krachtige bronnen van inspiratie de natuurlijke wereld om ons heen. Biomimicry biedt een rijke bron van creatieve mogelijkheden, die ontwerpers uitdaagt om **verder te denken dan de traditionele ontwerpen.**

Creatief denken wordt gestimuleerd wanneer ontwerpers de ruimte krijgen om te experimenteren, nieuwe vormen te ontdekken en onbekende processen te verkennen. Hoewel creativiteit vaak als een algemene vaardigheid wordt beschouwd, laten verschillende onderzoeken zien dat het bij mensen die kritisch kunnen denken en openstaan voor innovatie sterker tot uiting komt. Toch kunnen de angst om het onbekende te verkennen en de twijfels die opkomen bij het creëren van innovatieve ontwerpen, de creativiteit in de weg staan. Door deze obstakels te overwinnen, kunnen ontwerpers hun creatief potentieel volledig benutten. (Bakan & Bakan, 2022)

4.6 Systeemdenken

Tegenwoordig moet het ontwerpproces niet alleen **creatief**, maar ook **holistisch** zijn. Concepten zoals **ecologie, economie, ethiek, wetenschap en techniek** moeten samenkomen in één en hetzelfde ontwerp(proces). Biomimicry is een goed voorbeeld van zo'n discipline waarin deze verschillende elementen samenkomen. (Bakan & Bakan, 2022)

4.6.1 Holistische aanpak

De natuur werkt als een **harmonieus geheel**, waarin elke component bijdraagt aan het grotere ecosysteem. Een bos is hier een perfect voorbeeld van: planten, dieren en andere elementen werken samen als één **geïntegreerd systeem**. Merken kunnen dit holistische denken toepassen door **consistente en samenhangende ervaringen te creëren over alle mediakanalen heen**. Denk aan een merk als een ecosysteem, waarin alles – van de website en social media tot advertenties en producten – naadloos samenwerkt om een duidelijke en consistente boodschap uit te dragen.

Een holistische en langetermijnvisie in het ontwerpproces wordt steeds vaker gezien als een strategisch middel voor innovatie en concurrentievoordeel. Grafische ontwerpers spelen hierin een cruciale rol.

Of het nu gaat om het verbeteren van efficiëntie, het oproepen van specifieke emoties door kleur, of het bevorderen van duurzaamheid, de natuur biedt een **rijke bron van inspiratie** die waardevolle inzichten kan opleveren.

> **“Embrace the beauty and wisdom of nature,**
>
> **and let it guide your next graphic design masterpiece.”**

~ (Jamtion, 2023)

5 INSPIRATIE VOOR VISUAL DESIGNERS

In het volgende hoofdstuk bespreken we enkele vakspecifieke toepassingen, verdeeld in drie categorieën:

VISUALISATIE	beeld	voor zowel fysiek als digitaal ontwerp	
COMMUNICATIE	taal	vooral voor digitaal ontwerp	UX/UI, webdesign, branding
MATERIALISATIE	materiaal	vooral voor fysiek ontwerp	verpakkingen en drukwerk

In de praktijk is er geen duidelijke scheidingslijn tussen de drie indelingen, want bij een ontwerp worden bijvoorbeeld beeld en taal vaak gecombineerd, waarbij de achterliggende betekenis of doeleinden dezelfde zijn.

Per vakgebied worden de bijbehorende elementen en principes eerst uitgelegd aan de hand van voorbeelden uit de natuur, met daarbij eventueel de functie of betekenis erachter. Vervolgens krijgt de grafisch ontwerper praktische ideeën en toepassingen om het tastbaar te maken. Bij enkele principes wordt dit aangevuld met een concreet voorbeeld.
De inspiratie kan enerzijds dienen voor **functionele toepassingen**, en anderzijds voor **emotionele of esthetische uitingen** die een gevoel of sfeer overbrengen.

5.1 VISUALISATIE

In de natuur kunnen grafische ontwerpers heel wat inspiratie halen uit de natuur. Onder het luik ‘visualisatie’ valt alles wat te maken heeft met de **visuele beeldweergave** en dus **wat we met het oog kunnen waarnemen**, zowel voor fysieke als digitale ontwerpen. Dit omvat vormgeving zoals vormen, patronen en structuren, maar ook kleur, licht, beweging, en metaforische analogieën, telkens met oog op de onderliggende betekenis.

In branding wordt biomimicry toegepast om visuele elementen te ontwerpen die aansluiten bij het publiek en een gevoel van verbondenheid met de natuur oproepen. Door natuurlijke elementen te integreren, kunnen merken **authenticiteit en duurzaamheid uitstralen**—kwaliteiten die in de moderne consumentencultuur steeds meer gewaardeerd worden.

5.1.1 Vormen, patronen, structuren

– **Vormgeving (algemeen)**

De natuur biedt een breed scala aan elementen met uiteenlopende **vormen en lijnvoeringen**, van strak tot dynamisch of organisch. Organische vormen zijn bijvoorbeeld vloeiend en vaak minder symmetrisch.

Ontwerp door de mens

Natuurlijke vormen brengen **harmonie** en **visuele aantrekkingskracht** in een ontwerp. Ze kunnen gelinkt worden aan specifieke, door de mens vastgelegde stijlen en onbewust een **gevoel** van rust, vertrouwen, menselijkheid of leven oproepen bij de gebruiker.

– **Patroon: fractal**


Figuur 18: Snowflakes

Natuur

Fractals zijn wiskundige patronen die steeds kleiner worden en zich oneindig herhalen. Ze bestaan uit kleinere structuren die op de grotere structuren lijken, zoals bij **sneeuwvlokken, boomtakken, of rivieren**. Zo is een dennenboom opgebouwd uit een stam met takken, takken met zijtakken, en zijtakken met twijgen. Fractalpatronen creëren een **gevoel van harmonie en complexiteit.**

Ontwerp

Het grafisch werk wordt **visueel boeiender en rijker.** Deze patronen kunnen inspireren tot netwerk-ontwerpen, wat de **organische stroom en connectiviteit** van een lay-out verbetert.

– Vorm: spiraal


Figuur 19: Storm

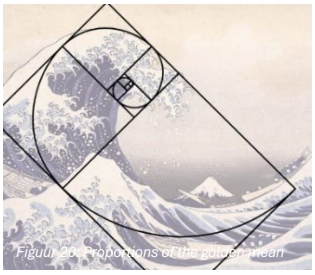
Natuur

Spiralen zijn een van de meest voorkomende vormen in de natuur, te zien in schelpen, orkanen en melkwegstelsels. De Fibonaccireeks, die een logaritmische spiraal vormt, weerspiegelt wiskundig natuurlijke groeipatronen en symboliseert **groei, leven en transformatie**.

Ontwerp

In grafisch ontwerp roepen spiralen een gevoel van **organische groei** en **dynamiek** op. Ze kunnen worden gebruikt om composities te creëren die harmonie en balans uitstralen en esthetisch aangenaam zijn.

– Specifieke vorm: de Gulden Snede


Figuur 20: Proportions of the golden mean

Natuur

De Gulden Snede, aangeduid met de Griekse letter ϕ (phi), is een wiskundige verhouding die voorkomt in patronen van bladeren, vertakkingen van bomen en menselijke gezichten.

Ontwerp

Deze verhouding creëert **esthetische proporties** die ontwerpen **aantrekkelijk** en in balans maken. Iconische werken zoals het Parthenon en da Vinci's "Vitruviusman" zijn hierop gebaseerd en inspireren ontwerpers wereldwijd.

– Structuur: hexagon


Figuur 21: Hexagonpatronen

Natuur

In de natuur komen hexagonale structuren voor in honingraten, waar ze de ruimte en het materiaal optimaal benutten.

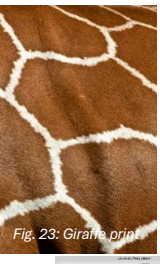
Ontwerp

In ontwerp kan deze vorm gebruikt worden om sterke en stabiele structuren te creëren, evenals visueel aantrekkelijke patronen. Het kan ook inspiratie bieden voor modulaire lay-outs die zowel het **ruimtegebruik maximaliseren** als de **structurele integriteit** verbeteren.


Figuur 22: Honeycomb Wrapping

De hexagonale bijenkorfstructuur wordt vaak gebruikt in verpakkingen vanwege de combinatie van **stevigheid** en een **licht gewicht**. Deze structuur is ontzettend sterk en biedt uitstekende **schokabsorptie** en **drukverdeling**, terwijl het **materiaal wordt bespaard**. Honingraatpanelen van gerecycled karton worden bijvoorbeeld gebruikt in verzenddozen om breekbare producten zoals glaswerk of elektronica te beschermen, zonder dat er overmatig plastic of piepschuim nodig is. (Qi et al., 2021)

– Voronoi-patronen


Fig. 23: Giraffe print

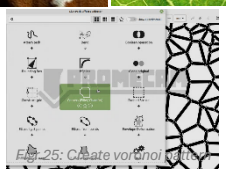

Figr 24: Leaf texture

Natuur

Voronoi-patronen verdelen ruimte in regio's op basis van afstand tot specifieke punten en komen voor in natuurlijke structuren zoals dierenhuidpatronen (vb. giraffen, libellen), vleugeladers van insecten of de verdeling van cellen in planten.

Ontwerp

Het Voronoi-patroon, gekenmerkt door zijn organische en onregelmatige vormen, biedt zowel visuele als functionele mogelijkheden binnen grafisch ontwerp. Het biedt niet alleen **visuele aantrekkingskracht**, maar zorgt ook voor een **optimale verdeling van ruimte, middelen en krachten** binnen een ontwerp. Door de dichtheid en verdeling van de cellen aan te passen, kan het patroon worden ingezet om structuur, transparantie en visuele hiërarchie te creëren. Met vectorsoftware zoals Inkscape is het relatief eenvoudig te genereren en geschikt voor toepassingen zoals achtergronden, typografie en verpakkingen (Promecam, 2024).


Fig. 25: Create voronoi pattern

– Textuur

Voorbeeld: *textuur in digitale media*

Door visuele texturen te gebruiken die lijken op schors, steen of stof, kun je het **tastgevoel** van **natuurlijke oppervlakken nabootsen**. Dit creëert een verbinding met de natuur, zelfs in digitale interfaces

5.1.2 Licht en kleur

– Optische illusies


Figuur 26: Manta fay camouflage

Natuur

Dieren zoals de pijlstaartrog gebruiken huidtexturen die licht reflecteren om visueel op te gaan in hun omgeving. De textuur breekt licht op een bepaalde manier. De kleine, schubachtige patronen op de huid van de rog veroorzaken een specifieke **lichtreflectie**, waardoor de rog zich camoufleert in zijn omgeving. Dit **natuurlijke camouflage**-effect verbergt beweging en contouren, waardoor ze minder opvallen.

Ontwerp

Grafisch ontwerp kan dit principe toepassen voor verpakkingen en visuals die de **perceptie beïnvloeden**, zoals texturen die beweging of 3D-effecten suggereren.

– Kleurverandering


Figuur 27: Octopus

Natuur

Daarnaast hebben octopussen nog een andere techniek om van kleur te veranderen met hun speciale huidcellen met pigmenten. Door spieren rond deze cellen aan te spannen of te ontspannen, passen ze de kleurintensiteit aan. Lichtreflecterende en lichtweerkaatsende cellen versterken dit effect, waardoor ze ook metallic of omgevingskleuren kunnen tonen. (Biomimicry Centre Nederland, 2024)

Ontwerp

Kleurveranderende materialen (aanpasbare stoffen voor mode, camouflage en signalisatie), slimme oppervlakken en **lichtmanagement** (technologieën voor **energie-efficiëntie** en **displayverbetering**).

– Kleurcreatie



Figuur 28: Morpho butterfly

Natuur

Organismen zoals de Morpho-vlinder en de pauw danken hun levendige, intense kleuren niet aan pigmenten, maar aan non-toxische, microscopische structuren die licht reflecteren en breken.

Ontwerp

Structurele kleur wordt vandaag al toegepast door bedrijven als Sparxell en Cypris Materials. Deze kleuren zullen nooit vervagen, zijn heel wat lichter in gewicht, en tot vier keer helderder dan conventionele pigmentkleur. Ze zijn vrij van metalen, chemische pigmenten of kleurstoffen, zijn UV-bestendig en maken herschilderen overbodig, wat ze goedkoper en geschikt maakt voor toepassingen in onder meer **branding, verpakkingen**, textiel en coatings. (*The Lighter Side Of Biomimicry: Structural Color*, z.d.)

– Kleurenpaletten

Natuur

De natuur biedt kleurenpaletten vol **harmonie** en balans, van de levendige tinten van een pauwenveer tot de kalmerende kleuren van een zonsondergang.

Ontwerp

Deze natuurlijke inspiratie is perfect voor het ontwikkelen van kleurenschema's die **emoties oproepen** en de **doelgroep aanspreken**. Biomimicry in kleurgebruik versterkt de impact en **beleving** van een ontwerp.

5.1.3 Beweging

– Beweging en animatie


Figuur 29: Capturing movement in water

Natuur

Natuurlijke bewegingen, zoals golvend water of fladderende vlinders, hebben een vloeiende, organische kwaliteit die rust en dynamiek combineert. Deze bewegingen zijn **onvoorspelbaar** en toch **harmonieus**, wat een gevoel van leven en energie uitstraalt.

Ontwerp

Deze natuurlijke bewegingen kunnen gebruikt worden in **overgangen, laadscreens of geanimeerde logo's** om de ervaring te verrijken en een meer organische, natuurlijke interactie te creëren.

5.1.4 Hoe geef ik mijn visuele identiteit weer?

Biomimicry kan inspiratie bieden om in lijn te zijn of blijven met de (merk)identiteit en -waarden. Om een (merk)identiteit vast te leggen, moeten eerst de kernwaarden geïdentificeerd worden: draait het om duurzaamheid, innovatie, veerkracht, aanpassingsvermogen, gemeenschap, etc.? Vervolgens zoek je naar **natuurlijke analogieën**—systemen of organismen die deze waarden weerspiegelen. Niet te vergeten, het visuele aspect hangt hier bijna altijd onlosmakelijk samen met het taalkundige verhaal of boodschap (zie: communicatie).

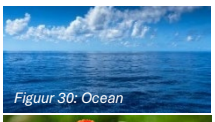
- **Analogieën in beeld**

  Natuur

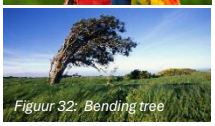
  Systemen en organismen uit de natuur belichamen **principes**. Dieren gebruiken bijvoorbeeld kleuren en patronen om **boodschappen** over te brengen, zoals de felle kleuren van giftige dieren (boodschap van waarschuwing) of de symmetrie van bloemen om bestuivers aan te trekken. Ook voor camouflage, paring en intimidatie bestaan er kleurenschema's en -tactieken.

  Ontwerp

  Na het vastleggen van die kernwaarden en het zoeken naar natuurlijke analogieën, kunnen grafische ontwerpers aan de slag gaan met het visueel omzetten van die **analogie in hun eigen (merk)stijl: kleurenpalet, logo, etc**. Kleuren en patronen uit de natuur kunnen bijvoorbeeld worden overgenomen om **herkenning** en **aantrekkingskracht** te versterken. Natuurlijke elementen kunnen worden ingezet om merken een **unieke en onderscheidende uitstraling** te geven.


Figuur 30: Ocean


Figuur 31: Tropical Bird


Figuur 32: Bending tree

  - kernwaarde '*kalmte*'

Als een merk kalmte en betrouwbaarheid vertegenwoordigt, kunnen ontwerpers bijvoorbeeld een kleurenpalet gebruiken dat is geïnspireerd door de oceaan of het bos.

  - kernwaarde '*energie*'

Voor een levendig en energiek merk kunnen ontwerpers zich dan weer laten inspireren door de felle, contrasterende kleuren die te vinden zijn in tropische vogels of bloemen.

  - kernwaarde '*veerkracht*'

Een campagne over veerkracht zou bijvoorbeeld het beeld kunnen gebruiken van een boom die buigt in de wind maar niet breekt, wat kracht en flexibiliteit symboliseert.

  Voorbeeld: WWF-logo

  Het WWF-logo symboliseert met de panda als mascotte hun inzet voor natuurbescherming, terwijl het **eenvoudige, minimalistische** ontwerp laat zien hoe natuurlijke vormen kunnen worden ingezet om een **impactvolle boodschap** over te brengen in visueel design.

5.2 COMMUNICATIE

Om **intuïtief** en efficiënt te communiceren, kunnen grafische ontwerpers zich verdiepen in natuurlijke verhalen, analogieën en principes. Onder deze categorie valt alles wat met **taal en verhaal** te maken heeft. Dit speelt een grote rol in digitaal ontwerp, waar veel ruimte is voor creatief taalgebruik, maar ook gedeeltelijk voor fysieke ontwerpen zoals drukwerk. Diegenen die hier baat bij hebben zijn communicatieprofessionals, branding experten en UX/UI-designers.

Door inspiratie te halen uit de natuur, wordt communicatie meer dan alleen een marketingtool — het wordt een ervaring dat op een **dieper, instinctiever niveau resoneert** met het publiek, hen verbindt met de natuur en de waarden waarvoor je product, merk of bedrijf staat. Hierdoor ontstaat een meer impactvolle en duurzame communicatie.

5.2.1 Hoe geef ik een verhaal en/of boodschap mee?

Ook hier biedt biomimicry inspiratie om (merk)identiteit en waarden te versterken, door metaforen uit de natuur te gebruiken. Begin met het bepalen van kernwaarden en zoek daarna naar **analogieën in natuurlijke elementen, cycli of processen**. Het communicatieve aspect is hierbij nauw verbonden met het visuele (zie: visualisatie).

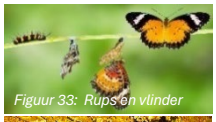
– **Natuurlijke verhaalbogen of boodschappen**

Natuur

Organismen en (eco)systemen volgen natuurlijke processen, zoals **groeicycli, metamorfose of migratie.** Zelf communiceren organismen ook voortdurend via taal en gedrag. Denk aan het complexe dansritueel van bijen om voedselbronnen aan te wijzen of het gezang van vogels om hun territorium te markeren. Zelfs stille signalen, zoals de geurstoffen van planten om insecten aan te trekken, zijn een soort natuurlijke communicatie.

Ontwerp

Na het definiëren van kernwaarden en het vinden van natuurlijke analogieën, kunnen communicatieprofessionals deze vertalen naar **verhalen en taal** die aansluiten bij de (merk)identiteit. Metaforen uit de natuur kunnen gebruikt worden om een **boodschap kracht** bij te zetten, ritme en herhaling in te zetten om **informatie beter te laten beklijven**, of om **symbolische verwijzingen** naar natuurlijke processen op te nemen in slogans en teksten. Ook kunnen **complexe ideeën hiermee eenvoudiger** overgebracht worden.



Figuur 33: Rups en vlinder

– kernwaarde '*transformatie*'

Een merk dat zich richt op transformatie zou bijvoorbeeld het verhaal van een rups die verandert in een vlinder kunnen gebruiken om groei en verandering te symboliseren.



Figuur 34: Autumn leaves

– kernwaarde '*duurzaamheid*'

Als bijvoorbeeld duurzaamheid belangrijk is voor een merk, kunnen ontwerpers denken aan de levenscyclus van een boom, waar niets verspild wordt en alles bijdraagt aan het grotere ecosysteem.



Fig. 35: Blue-ringed octopus

– kernwaarde '*innovatie*'

Voor een merk dat innovatie benadrukt, zou de snelle aanpassing van een octopus aan zijn omgeving een natuurlijke analogie kunnen zijn.

5.2.2 Data-analyse

– **Gedragspatronen observeren**

Natuur

Organismen zoals sprinkhanen hebben **uitzonderlijke waarnemingsvermogens**, zoals het zien van **veel meer beelden per seconde**, waardoor alles in slow motion lijkt.

Ontwerp

In digitaal design is dit vergelijkbaar met **algoritmen die gebruikersgedrag waarnemen**. Net zoals een krab sporen in het zand achterlaat, laten gebruikers een digitaal pad achter. Dit pad biedt waardevolle inzichten in hun interactie met een interface, zodat je ontwerpen kunt afstemmen op hun behoeften. Bovendien kunnen natuurlijke elementen, zelfs in abstracte vormen, rust en verbondenheid oproepen.

5.2.3 (Zoek)optimalisatie

– **Algoritmes op basis van zwermintelligentie**

Natuur

Zwermintelligentie verwijst naar het fenomeen waarbij individuen, zoals mieren, bijen of vissen, samenkomen en door interactie en samenwerking collectieve oplossingen vinden voor complexe problemen. Zij volgen vaak simpele regels, maar door hun **onderlinge communicatie** (bijvoorbeeld via feromonen bij mieren, beweging bij vissen of een waggeldans bij bijen), ontstaan er geavanceerde uitkomsten, zoals het vinden van de snelste weg naar voedsel of het optimaliseren van een route. (*BioLearn*, z.d.)



Figuur 36: Ant colony

Ontwerp

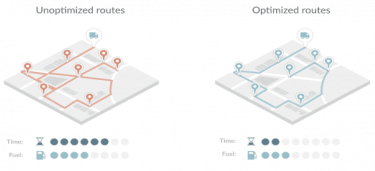
In design en technologie wordt zwermintelligentie vaak gebruikt voor **algoritmes** die **zelforganiserende en adaptieve systemen** creëren. Bijvoorbeeld in routeplanning of **zoekoptimalisatie**, waarbij het systeem leert en zich aanpast op basis van nieuwe informatie.

Voorbeeld: *ACO-algoritmes*

Een concreet voorbeeld is het gebruik van "Ant Colony Optimization" (ACO)-algoritmes, die zijn gebaseerd op het gedrag van mieren. Dit principe wordt al toegepast in routeoptimalisatie voor bezorgdiensten.


Figuur 37: Bee's 'Waggle Dance'

– Case: *Routific*



Routific baseert zich op het bijenalgoritme, dat het voedselzoekgedrag van honingbijen nabootst om snel de meest efficiënte routes te vinden. In tegenstelling tot klassieke routeplanners werkt dit algoritme decentraler en adaptiever, waardoor het beter omgaat met complexiteit, schaal en veranderende omstandigheden. Dat resulteert in snellere berekeningen en minder brandstofverbruik.

5.2.4 Informatieoverdracht

– **Ruisloze communicatie**

Natuur

In de natuur worden **complexe systemen vaak eenvoudig gepresenteerd**, zodat ze snel kunnen worden begrepen. Kijk maar naar een spinnenweb: functioneel, efficiënt en je weet meteen hoe het werkt.

Ontwerp

Merken versterken hun boodschap door overbodige elementen weg te laten en zo ruis te vermijden en enkel de essentie te tonen. Minder afleiding betekent meer focus op wat echt telt — de essentie van grafisch ontwerp.

5.2.5 Personalisatie en interactie

– **Interactiviteit en gebruikersbetrokkenheid**


Figuur 38: Bees in yard

Natuur

In de natuur zijn systemen vaak interactief en **afhankelijk van wederzijdse relaties**, zoals de interactie tussen bijen en bloemen. Een bloem verwelkomt de bestuiver op natuurlijke wijze met open blaadjes.

Ontwerp

Interactieve ervaringen ontwerpen die gebruikers actief betrekken en stimuleren of actief **reageren op hun invoer**, zoals interactieve campagnes, gamificatie in apps, responsieve webdesigns, kunnen de **betrokkenheid** vergroten.

– **Aanpasbare communicatie/interfaces**


Figuur 39: Cameleon

Natuur

In de natuur passen organismen zich voortdurend aan om te overleven. Kameleons veranderen bijvoorbeeld van kleur en planten bewegen constant naar het licht toe.

Ontwerp

Merken benutten deze flexibiliteit door hun communicatie aan te passen aan verschillende platforms, apparaten en de behoeften. Grafische ontwerpers maken **flexibele, responsieve ontwerpen** die zich aanpassen aan de gebruiker, zoals websites die reageren op interacties en behoeften. Dit zie je bijvoorbeeld al in dynamische advertenties en gepersonaliseerde content.

5.2.6 Geluid

– **Boodschap of sfeer met geluid**

Natuur

Geluiden zoals het rustgevende ritme van golven, het zachte geritsel van bladeren in de wind of het vrolijke tjirpen van vogels roepen van nature een gevoel van ontspanning, focus of **verbondenheid** op.

Ontwerp

Door natuurlijke geluiden te integreren in je ontwerp, kun je een sterke emotionele band creëren met je publiek. Denk aan geluidslandschappen die een rustgevende achtergrond bieden in apps, winkels of websites. Geluid kan de sfeer bepalen, bijvoorbeeld kalmerend voor wellnessmerken of levendig en energiek voor avontuurlijke producten. Dit maakt de **beleving** van een merk of boodschap niet alleen visueel, maar ook **auditief impactvol**.

5.3 MATERIALISATIE

Er valt heel wat concrete inspiratie te halen uit natuurlijke **materiaaleigenschappen en -technieken**, vooral voor fysieke ontwerpen zoals **verpakkingen** en **drukwerk**. In de grafische ontwerpwereld zijn deze natuurlijke voorbeelden een rijke bron voor het ontwikkelen van innovatieve en duurzame oplossingen.
Door inspiratie te halen uit natuurlijke verpakkingen kunnen ontwerpers niet alleen **materialen en structuren optimaliseren**, maar ook **verhalen creëren** die resoneren met het publiek, waardoor verpakkingsdesign verder gaat dan een praktisch aspect en uitgroeit tot een ervaring die perfect aansluit bij de waarden van het product en het merk.

5.3.1 Materiaalanalyse

– **Optimale verpakkingseigenschappen**

Natuur

Organismen zijn van nature verpakt, zoals de huid van een mens, schil van een banaan of het pantser van een krab. Deze natuurlijke verpakkingen bieden enorm interessante eigenschappen zoals **sterkte, flexibiliteit, bescherming…** en zijn vaak **biologisch afbreekbaar.**

Inspiratie: **isolerend**

Vb. de dikke pels van dieren of de schil van een watermeloen minimaliseren temperatuurwisselingen.

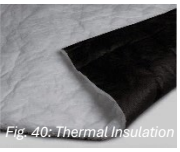

Fig. 40: Thermal Insulation


Fig. 41: Animal furr texture

Case: *dierenpels als inspiratie voor kledij*

Thinsulate, een merk van 3M dat thermische isolatie biedt, is ontwikkeld geïnspireerd op de isolerende eigenschappen van dierlijke pels. Het wordt gebruikt in jassen, handschoenen en andere winterkleding om warmte vast te houden zonder veel extra gewicht.

Inspiratie: **zelfherstellend**

Vb. de bast van een boom heeft het vermogen om zichzelf te herstellen bij beschadiging.

Inspiratie: **lichtgewichtig**

Vb. veel natuurlijke verpakkingen combineren stevigheid met een laag gewicht, zoals de honingraatstructuur van bijenkorven.

Inspiratie: **textuur en grip**

Vb. de ruwe schil van een ananas die voorkomt dat het gemakkelijk uit je handen glijdt.

Inspiratie: **antibacterieel**

Vb. bepaalde plantenharsen of de schil van een granaatappel hebben een antimicrobiële werking.

Inspiratie: **verlengde houdbaarheid**


Fig. 42: Vaccin


Fig. 43: De tardigrade

Case: *'onverwoestbare beerdiertjes' als inspiratie voor vaccins*

Een voorbeeld uit de natuur is de "onverwoestbare beerdiertjes", die extreme omstandigheden overleven door zichzelf bijna volledig uit te drogen. Ze bevatten speciale stoffen die hen helpen te overleven zonder water. Dit natuurlijke proces inspireert de ontwikkeling van vaccins die door uitdroging langer houdbaar zijn, zonder dat koeling nodig is. (Poelman, 2021)


Figuur 44: Voedselverspilling verminderen

Case: *ingebouwd afweermechanisme voor voeding*

In Indië gaat maar liefst 40% groenten en fruit verloren voordat het de consument bereikt. Greenpod labs verlengt de houdbaarheid van groente en fruit met natuurlijke plantenextracten die het ingebouwde afweermechanisme activeren. Dit vertraagt de rijping en minimaliseert microbiële groei, waardoor producten langer vers en gezond blijven.

Inspiratie: **dynamisch**

Vb. de schil van een banaan geeft aan wanneer het gegeten kan worden, net zoals onrijpe zaden eerst geen aantrekkelijke geur, smaak en kleur hebben maar na rijping dan weer wel om fruiteters te lokken.

Inspiratie: **lucht- en vocht doorlatend**

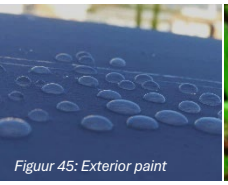
Vb. een eierschaal is ademend om het organisme binnenin te ondersteunen.

Inspiratie: **waterbestendig**

Vb. de wasachtige coating van citrusvruchten voorkomt uitdroging.

Inspiratie: **zelfreinigend**

Vb. lotusbladeren hebben kleine bultjes die water en vuil afstoten, zodat druppels vuil meenemen en van het blad rollen—dit heet het "lotuseffect".


Figuur 45: Exterior paint


Figuur 46: Lotus leaf

Case: *lotuseffect als inspiratie voor verf en oppervlakken*
Dit zelfreinigende effect inspireerde de ontwikkeling van bijvoorbeeld verf. StoColor® Lotusan® maakt muren vuil- en waterafstotend, zodat ze schoon blijven zonder schoonmaakmiddelen. Verpakkingen kunnen bijvoorbeeld water- en vuilbestendige coatings krijgen, zoals GreenShield™ voor stoffen, of Nanotex® voor regenbestendige textielen. (BioLearn, z.d.)

Ontwerp

Ontwerpers kunnen deze principes vertalen naar verpakkingen die **functioneel, esthetisch én milieuvriendelijk** zijn. Onderzoekers van de Universiteit van Alicante hebben een verpakkingsmateriaal ontwikkeld uit ananas-schillen. Deze folie is composteerbaar en bevat antioxidanten die de houdbaarheid van voedsel verlengen. Zulke ontwerpen optimaliseren niet alleen materialen en structuren, maar vertellen ook een verhaal dat aansluit bij de waarden van het product. Een verpakking geïnspireerd op een oesterschaal kan bijvoorbeeld luxe uitstralen.

5.3.2 Materiaaloptimalisatie

– Minimalisme en reductie

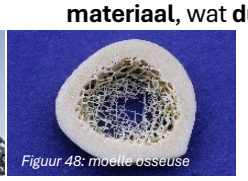
Natuur

"**Less material, more design**" is een natuurprincipe waarbij organismen enkel het nodige materiaal gebruiken voor overleving en efficiëntie, zoals een bot of honingraatstructuur die sterkte biedt met minimale massa.

Ontwerp

Grafische ontwerpers passen minimalistische principes toe door efficiënte ontwerpen te maken met **minder materiaal**, wat **duurzaamheid** en **kostenbesparing** bevordert. Let op: hoewel natuurlijke vormen geoptimaliseerd zijn, kunnen ze moeilijk te produceren zijn. (Van Doorsselaer & Du Bois (2018)


Figuur 47: Eiffel tower


Figuur 48: moelle osseuse

Case: *structuur Eifeltoren*
De Eiffeltoren is geïnspireerd door de structuur van botten, waarbij minimalisme en reductie worden toegepast voor maximale sterkte met zo min mogelijk materiaal.

5.3.3 Materialencombinatie

– Verbindingstechnieken

Natuur

Gekko's kunnen zich vastklampen aan oppervlakken dankzij microscopische haartjes op hun voeten, die via van der Waals-krachten een sterke hechting creëren zonder chemische stoffen.

Ontwerp

Ingenieurs hebben dit principe toegepast in kleefmaterialen die geen oplosmiddelen gebruiken. Deze herbruikbare materialen maken gebruik van microstructuren voor sterke hechting, ideaal voor toepassingen zonder schadelijke stoffen.

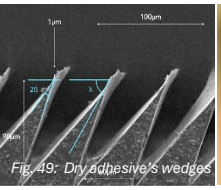

Fig. 49: Dry adhesive's wedges


Fig. 50: Bogsneak feet

Case: *droge kleefstof van geCKo Materials*
Hoewel sommige zogenoemde "gekkotapes" nog lijm bevatten, bestaan er wel degelijk materialen die het hechtingsmechanisme van gekko's echt nabootsen. Zo ontwikkelt geCKo Materials een NASA-gecertificeerde droge kleefstof met microstructuren naar voorbeeld van gekkopoten — krachtig, herbruikbaar en zonder residu. (geCKO Materials, 2024)

> **“Biology is the technology of the future.”**
>
> ~ (Gorissen, 2020)

6 HOE AAN DE SLAG MET BIOMIMICRY IN EEN ONTWERP(PROCES)?

6.1 Toepassing

Ontwerpers kunnen natuurprincipes op twee manieren toepassen: direct in hun ontwerpen of door bredere natuurmethoden te gebruiken om hun proces te sturen. In beide gevallen biedt de natuur waardevolle inzichten voor innovatieve, efficiënte en duurzame ontwerpen.

Direct Ontwerpers kunnen specifieke natuurprincipes of -strategieën **direct en letterlijk toepassen in hun ontwerp**. Dit kan bijvoorbeeld het nabootsen van een natuurlijke structuur zijn, zoals het gebruik van de vorm van een honingraat in architectuur of het toepassen van de principes van zelforganisatie uit de natuur in een interactief systeem.

Indirect Ontwerpers kunnen bredere natuurmethodes en -principes gebruiken die in de natuur aanwezig zijn, zoals de manier waarop natuurlijke systemen zich organiseren of reguleren, en passen deze methoden toe **om hun ontwerpproces te sturen**. Dit kan betekenen dat ontwerpers kijken naar de principes van efficiëntie, duurzaamheid of evolutie die in de natuur voorkomen, en deze gebruiken om een proces of systeem te optimaliseren zonder direct een fysieke vorm of strategie na te volgen.

6.2 Biomimicry thinking

6.2.1 Stappenplan

Biomimicry Thinking biedt een **kader om biomimicry toe te passen in elk ontwerpproces**, ongeacht de discipline of schaal. Het helpt ontwerpers na te denken over waar, hoe, wat en waarom biomimicry kan worden geïntegreerd. Dit raamwerk is opgebouwd rond vier fasen waarin biomimicry een grote impact heeft: scopen, ontdekken, creëren en evalueren. Door de stappen in elke fase te volgen, kunnen strategieën uit natuurlijke systemen succesvol worden verwerkt in eigen grafisch ontwerp en andere creatieve disciplines.

Elke fase heeft concrete stappen die de ontwerper kan volgen:

Verkennen Definieer de context
Identificeer de functie
Integreer de Life's Principles

Ontdekken Ontdek natuurlijke modellen
Abstraheer biologische strategieën

Creëren Brainstorm over bio-geïnspireerde ideeën
Boots de ontwerpprincipes na

Evalueren Meet aan de hand van Life's Principles

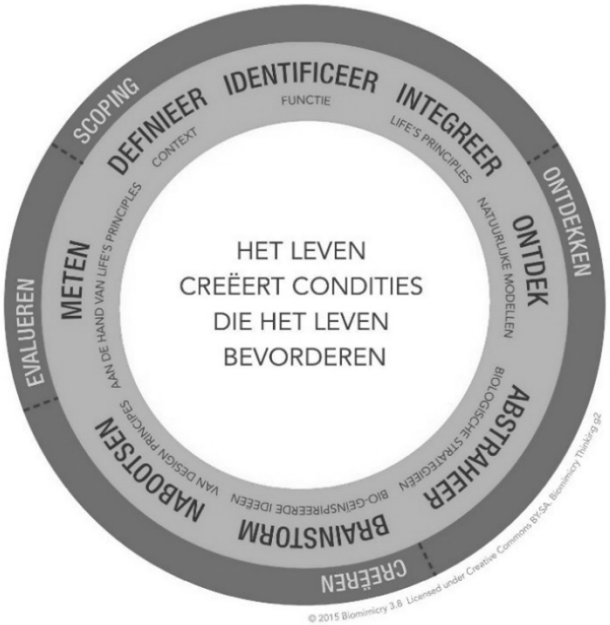


Fig. 51: Designlens: Biomimicry thinking

6.2.2 2 startpunten, 2 ontwerpscenario's



Fig. 52: Biology to design

6.2.2.1 Van biologie naar design

'Van biologie naar ontwerp' is een specifiek pad binnen Biomimicry Thinking. Dit pad is het meest geschikt wanneer je **proces start met een inspirerend biologisch inzicht** (inclusief een Life's Principle) dat je wilt hanteren in je ontwerp. Dit pad is zeer bruikbaar voor onder andere uitvinders en ondernemers die nog niet over een eigen designproces beschikken, zij die geïnteresseerd zijn in het ontdekken van strategieën die tot nieuwe innovaties kunnen leiden.



Fig. 53: Challenge to biology

6.2.2.2 Van uitdaging naar biologie

'Van uitdaging naar biologie' is een specifiek pad binnen Biomimicry Thinking. Dit is nuttig in scenario's wanneer zich een **specifiek probleem** voordoet en je biologische inzichten voor de oplossing zoekt. Het is vooral bruikbaar in een 'gecontroleerde' setting, zoals een workshop, of voor het creëren van een iteratief ontwerpproces. De beste resultaten ontstaan wanneer je het pad meerdere malen doorloopt.

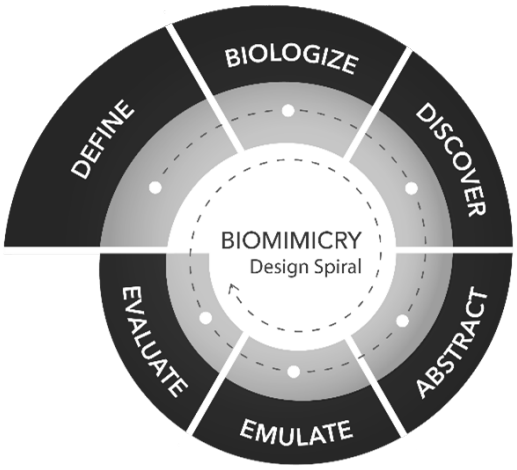


Fig. 54: Biomimicry Design Spiral

Biomimicry Design Spiral

De Biomimicry Design Spiral, ontwikkeld door Biomimicry Institute en Biomimicry 3.8, is een visueel hulpmiddel dat het biomimicry ontwerpproces illustreert. Deze sluit aan bij het **'challenge to biology'-scenario** en is dus ideaal wanneer je een **specifieke kans of ontwerpvraagstuk hebt geïdentificeerd** en inspiratie uit de biologie wilt halen. (Biomimicry Institute, 2017)

Het is een goede gids voor wie nieuw is in biomimicry om dit in het ontwerpproces te integreren of als aanvulling op andere ontwerpmethodes.

De Biomimicry Design Spiral beschrijft zes belangrijke stappen voor het vinden van biomimetische oplossingen, met de natuur als leidraad. De stappen worden in volgorde gepresenteerd, maar ontwerpteams bewegen vaak heen en weer tussen de stappen of herhalen ze.

DEFINIEER de uitdaging	Identificeer het probleem of de uitdaging dat je wil oplossen. Formuleer duidelijk de impact die je wilt bereiken op de wereld. Bepaal de criteria en beperkingen die het succes zullen bepalen.
BIOLOGISEER functie & context	Analyseer de belangrijkste functies en context die jouw oplossing moet aanpakken. Zet deze om in biologische termen, zodat je kunt onderzoeken hoe de natuur vergelijkbare problemen oplost.
ONTDEK biologische strategieën	Zoek naar natuurlijke modellen in zowel organismen en ecosystemen die dezelfde functies en context adresseren. Observeer deze en identificeer de strategieën die bijdragen aan hun succes.
ABSTRAHEER tot ontwerpprincipes	Kies de toepasbare natuurlijke principes. Bestudeer de kenmerken of mechanismen die de biologische strategieën succesvol maken en vertaal ze in niet-biologische termen naar ontwerpstrategieën.
IMITEER lessen uit de natuur	Zoek naar patronen en relaties tussen de strategieën en focus op de belangrijkste lessen voor je ontwerp. Pas deze principes toe en ontwikkel ontwerpconcepten.
EVALUEER fit en functionaliteit	Beoordeel je ontwerp(concepten). Kijk hoe goed het voldoet aan de criteria en beperkingen. Overweeg haalbaarheid en pas het ontwerp aan indien nodig door te verfijnen en eerdere stappen te herhalen.

6.3 In de praktijk

Een getuigenis van hoe digital designer Maris Hall van Atlantic BT zich bij elk van zijn digitale ontwerpprojecten laat inspireren door de natuur:

> “Als de lucht de limiet was, zou ik **ontwerpen zoals een boom**.
>
> Wanneer de omstandigheden ideaal zijn, bloeit het leven op – net als design.
> Zoals een boom stevige wortels in de grond zet, leg ik veel nadruk op het begin van elk project.
> De **solide basis** van brainstormen en vroege concepten
> stelt mijn digitale ontwerpproces in staat om te groeien en zich te ontwikkelen.
>
> Bomen lijken op het eerste gezicht onbeweeglijk en rigide, maar in werkelijkheid zijn ze juist **zeer dynamisch**.
> Als je goed kijkt, zie je dat bomen zich voortdurend aanpassen aan hun omgeving.
> Ze passen aan hoeveel water en voedingsstoffen ze opnemen, waar ze hun energie in investeren
> en ze draaien zelfs naar de zon om precies de juiste hoeveelheid licht te ontvangen.
>
> Zo benader ik mijn projecten:
> **flexibel maar stevig, efficiënt maar grondig, functioneel en tegelijkertijd prachtig.**”

~ (Hall, 2024)

6.4 Biomimicry-mindset in jouw organisatie

6.4.1 Verandering als kans

Op aarde is verandering de enige constante. Toch roept het vaak angst en onzekerheid op. Verzet of negeren helpt niet— het leidt tot achterstand, zoals bij Kodak en Nokia. Kodak en Nokia waren marktleiders, maar reageerden te laat op digitale innovatie. Kodak miste de digitale fotorevolutie, Nokia verloor terrein aan smartphones van Apple en Android.
Organisaties die willen overleven, moeten verandering **accepteren** en onzekerheid omarmen. Verandering is niet per se goed of slecht; het hangt af van hoe je ermee omgaat. Een meteorietinslag betekende het einde van de dinosauriërs, maar gaf zoogdieren een nieuwe kans. Voor bedrijven geldt hetzelfde: om voorbereid te zijn op verandering is **aanpassingsvermogen** cruciaal. (Poelman, 2021)

6.4.2 Flexibiliteit inbouwen

Net als dieren zich fysiek en gedragsmatig aanpassen, moeten bedrijven flexibel inspelen op veranderingen op korte en lange termijn zonder hun kernwaarden te verliezen. Te veel controle belemmert ook de wendbaarheid. Daarnaast zijn bij snelle veranderingen uitgebreide meerjarenplannen vaak zinloos. Maar het is wel zinvol om na te denken over de toekomst, nu zelfs meer dan ooit. Denken in relevante scenario’s en wat-als-vragen is veel effectiever. Dit leidt tot flexibele als-dan-regels en vraagt om **creativiteit** en **realiteitszin**.
Visuele designers spelen hierin een rol door verandering te presenteren **als kans, niet als bedreiging**, en complexe keuzes visueel inzichtelijk te maken. (Poelman, 2021)

6.4.3 Innovatie

Innovatie is een continu proces, gebaseerd op experimenteren, selecteren en itereren — een aanpak die ook terugkomt in design thinking en het double diamond-model en uiterst effectief is voor bedrijven. Biomimicry voegt daar de kracht van natuurlijke intelligentie aan toe: oplossingen die zich al door evolutie hebben bewezen. (Poelman, 2021)

6.4.3.1 Schaarste stimuleert creativiteit

We hebben geen nood aan oneindige resources. Belemmeringen oefenen juist **innovatiedruk** uit en vormen een stimulans voor creativiteit.

6.4.3.2 Goed is goed genoeg

De natuur zoekt geen perfectie, maar **functionaliteit en overleving**.
Innovatie hoeft dus niet meteen hightech te zijn; optimalisaties van bestaande ideeën werken ook. Breng snel een versie 1.0 op de markt, verzamel feedback en verbeter verder. Als de marktintroductie te lang duurt, kan de opportuniteit worden gemist. Goed genoeg is beter dan perfect te laat, maar lanceer ook niet te vroeg. (Poelman, 2021)

> **“It has become an innovation tool that allows companies to develop a new class of products and services.”**
>
> ~ (Bagley, 2014)

6.4.4 Competitie of samenwerking?

In de natuur ontstaat alles – van ons lichaam tot ecosystemen – door de samenwerking van kleine delen. Niemand, of het nu een persoon, organisatie of bedrijf is, is dus te klein om impact te maken. Zelfs de kleinste elementen dragen bij aan het welzijn van het geheel.

In de natuur is alles **onlosmakelijk met elkaar verbonden**; geen enkel organisme kan alleen overleven. Het geheel is meer dan de som der delen, en netwerken van interacties zijn de basis voor innovatie. Bossen, bijvoorbeeld, zijn complexe systemen waarin samenwerking net zo belangrijk is als overleven.

Zoals Martin Nowak zegt: "Het is samenwerking, niet competitie, dat innovatie aandrijft." Zonder samenwerking valt een gemeenschap uiteen, en zonder wederzijdse relaties verliezen ecosystemen hun stabiliteit. Competitie is op de lange termijn niet houdbaar. Hoewel competitie soms motiveert, is samenwerking veel effectiever voor **langdurig succes**. In een steeds complexere wereld is samenwerken geen keuze, maar een noodzaak.


Fig. 55: Global Cooperation

De waarde van **interdisciplinaire samenwerking** tussen verschillende disciplines wordt soms nog te veel onderschat. Deze samenwerking kan leiden tot **rijkere, beter geïnformeerde ontwerpoplossingen**. Grafisch ontwerpers zouden moeten samenwerken met wetenschappers, ingenieurs en andere professionals om de **volledige potentie** van biomimetisch ontwerp te kunnen benutten. (Poelman, 2021)

7 MEER TOOLS EN INZICHTEN

Hieronder vind je een selectie van toolkits, toepassingen, boeken en video's, gericht op visual designers om verder te duiken in het natuur-geïnspireerd ontwerpen.

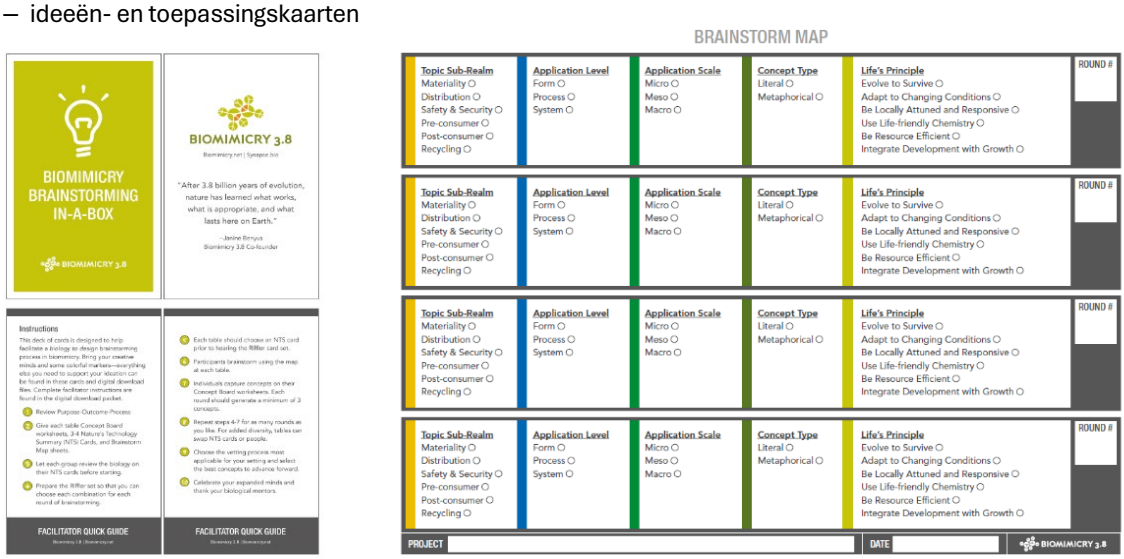
7.1 Toolkits

‘Packaging innovation toolkit’

Dit is een hulpmiddel om creativiteit te stimuleren en innovatieve, duurzame verpakkingsoplossingen te ontwerpen geïnspireerd door de natuur. Het centrale onderdeel van deze toolkit is de Brainstorming-in-a-Box kaartenset, waarmee teams of individuen via een speelse en gestructureerde aanpak biomimicry kunnen toepassen in hun ontwerpideeën. Het proces inspireert gebruikers om natuurlijke modellen te verkennen, deze toe te passen en zo duurzame innovatie te stimuleren in verpakkingsontwerp.

De kaartenset bevat o.a.:

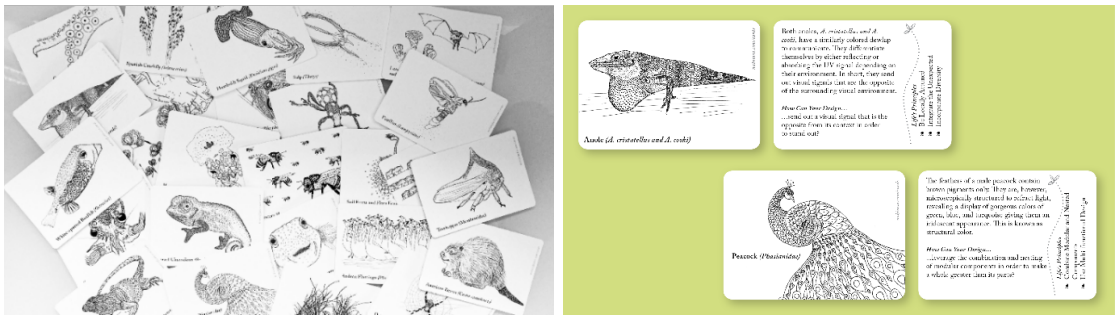
– een handleiding voor facilitators
– kaarten met natuurlijke inspiratiebronnen
– brainstormkaarten en levensprincipes
– ideeën- en toepassingskaarten



Figuur 56 & 57: Biomimicry Packaging Innovation Toolkit - Biomimicry 3.8

‘Biomimicry in Graphic Design Card Set’

Dit is een set kaarten die grafisch ontwerpers helpt inspiratie te vinden in de natuur. Elke kaart bevat een organisme en de strategieën die het gebruikt, gekoppeld aan ontwerpoplossingen voor visuele communicatie-uitdagingen. De kaarten stimuleren creatief denken door middel van prompts en vragen, en moedigen aan om meerdere strategieën te combineren voor vernieuwende ontwerpen. Dit is interessant voor grafisch ontwerpers die op zoek zijn naar levensgerichte, regeneratieve ontwerpprincipes.



Figuur 58 & 59: Biomimicry in graphic design card set

7.2 Inspirerende cases



Figuur 60: AskNature logo

‘AskNature’ is een online platform dat een uitgebreide verzameling biologische strategieën biedt. Het stelt gebruikers in staat om te ontdekken hoe levende organismen uitdagingen hebben opgelost, wat kan dienen als inspiratie voor innovatieve ontwerpen.

7.3 Literatuur (boeken)

7.3.1.1 Vormen en patronen

‘Patterns in Nature: Why the Natural World Looks the Way It Does’

Dit boek onderzoekt de wiskundige principes achter de patronen in de natuur en waarom ze zo efficiënt zijn.

‘On growth and form’

D'Arcy Thompson legt uit hoe de groei en vorm van organismen door natuurwetten wordt bepaald, met een focus op biologie en wiskunde.

‘Design by Nature: Using Universal Forms and Principles in Design’

Maggie Macnab toont hoe ontwerpers natuurlijke vormen en principes kunnen integreren in visueel ontwerp voor functionaliteit en schoonheid.

7.3.1.2 Materialen

‘Biomimetics for designers: Applying nature’s processes and materials in the real world’

Dit boek biedt praktische voorbeelden van hoe biomimetische principes en materialen in design kunnen worden toegepast.

‘Biomimicry for materials, design and habitats’

Het boek laat zien hoe biomimicry kan worden gebruikt in het ontwikkelen van duurzame materialen, ontwerpen en gebouwen door de natuur te imiteren.

7.3.1.3 Communicatie & marketing

‘The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing’

Een bron voor het begrijpen van hoe natuurlijke systemen digitaal kunnen worden gesimuleerd, wat bruikbaar kan zijn in interactieve multimedia-ontwerpen.

‘Biomimicry and the Art of Sustainability in Marketing’

Dit boek onderzoekt hoe het systeemdenken van de natuur kan worden toegepast in merkstrategieën voor consistente en duurzame communicatie.

‘Biomimicry in Marketing: Using Nature to Improve Brand Performance’

Hier bespreekt men hoe aanpassingsvermogen in de natuur kan worden toegepast op merkstrategieën.

7.4 Video’s

‘Biomimicry for Visual Communication Design Strategies’

In dit webinar van Biomimicry Switzerland leer je hoe Life’s Principles, de patronen uit de natuur, grafisch ontwerp kunnen inspireren zonder biologische kennis. Michelle Fehler van Nahimsa laat zien hoe biomimicry visuele communicatie kan verrijken en ontwerpers helpt duurzamer te werken. Waar ontwerpen vaak veel energie en materialen verbruiken, biedt de natuur efficiënte oplossingen door samenwerking en gesloten kringlopen.

‘On designing form’

In deze talk vertelt Neri Oxman, ontwerper en professor aan MIT, over haar visie op vormgeving geïnspireerd door de natuur. Ze legt uit hoe ontwerp, biologie en technologie kunnen samenwerken om duurzame, functionele en esthetische vormen te creëren die groeien en zich aanpassen zoals natuurlijke systemen dat doen.

8 BRONNENLIJST

Adriaens, D., & Wijffels, F. (2024). Inspiratie uit de natuur: Blijvend aanpassen wat niet goed werkt. *EOS Wetenschap: Iedereen Uitvinder*, 12–15.

Archknow. (2018, 21 juni). Biomimicry in Design — Takeaways for a designer. - Muzli - Design Inspiration. *Medium*. https://medium.muz.li/biomimicry-in-design-takeaways-for-a-designer-8e2c537b7a78

Aziz, M. S., & Sherif, A. Y. E. (2015). Biomimicry as an approach for bio-inspired structure with the aid of computation. *Alexandria Engineering Journal*, *55*(1), 707–714. https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.10.015

Bagley, R. O. (2014, 15 april). Biomimicry: How Nature can streamline your Business for innovation. *Forbes*. https://www.forbes.com/sites/rebeccabagley/2014/04/15/biomimicry-how-nature-can-streamline-your-business-for-innovation/

Bakan, U., & Bakan, U. (2022). *The Role of Biomimicry on Visual Design Education*. ResearchGate. Geraadpleegd op 28 januari 2025, van https://www.researchgate.net/publication/357809564_The_Role_of_Biomimicry_on_Visual_Design_Education

Benson, E., & Perullo, Y. (2016). *DESIGN to RENOURISH. SUSTAINABLE GRAPHIC DESIGN IN PRACTICE*.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow.

BioInspired. (2022, 7 oktober). Bio-Inspired Design Terminology - Bio inspired. Bio Inspired. https://www.bio-inspired.com/bio-inspired-design-terminology/

BioLearn. (z.d.-a). BioLearn | Bio-Inspired Learning For Youth Across The European Union. https://biolearn.eu/en/future/biomimicry-stories/amazing-ants

BioLearn. (z.d.-b). BioLearn | Bio-Inspired Learning For Youth Across The European Union. https://biolearn.eu/nl/future/biomimicry-stories/poetsende-bladeren

BioLearn-project. (2021). Docenten training materiaal [Training material]. In *BioLearn-project*. https://biolearn.eu/assets/documents/dutch-manual/Docenten_Training_materiaal_fnl_NL.pdf

Biomimicry 3.8. (2023, 8 februari). *Janine Benyus - Biomimicry 3.8*. https://biomimicry.net/bios/janine-benyus/

Biomimicry 3.8. (2024, november 22). *Biomimicry Packaging Innovation Toolkit - Biomimicry 3.8*. https://biomimicry.net/product/biomimicry-packaging-innovation-toolkit/

Biomimicry and Bio-inspired design - Important terms. (2022, juli). OpenLearn. Geraadpleegd op 28 januari 2025, van https://www.open.edu/openlearncreate/mod/page/view.php?id=195700

Biomimicry Centre Nederland. (2024, 31 december). *Biomimicry Centre Nederland on LinkedIn: Octopussen veranderen van kleur met chromatoforen, speciale huidcellen. . .* [Video]. https://www.linkedin.com/posts/biomimicry-inspiration-%26-observation-co%C3%B6peratie-ua_impressive-octopus-campuflage-system-activity-7279761544177979392-Lmo1/?utm_source=share&utm_medium=member_android

Biomimicry Institute. (2017). Biomimicry Design Spiral. In *BIOMIMICRY TOOLBOX*. https://toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2017/10/Design.Spiral-Diagram_10.17.pdf

BIOMIMICRY INSTITUTE. (2021). *Nature's Unifying Patterns: Ten lessons to consider every time you design something*.

Bl3nd Design. (2024, 15 juli). *How to Find Graphic Design Inspiration from Biomimicry and Natural Selection*. BL3ND DESIGN. https://bl3nddesign.ca/biomimicry-and-natural-selection

Blok, V. (2022). Technology as Mimesis: Biomimicry as Regenerative Sustainable Design, Engineering, and Technology. *Techné Research in Philosophy And Technology*, *26*(3), 426–446. https://doi.org/10.5840/techne2023111166

Boone, A. (2024, 10 juni). Biomimicry en Regeneratief Bouwen: de Beste Toekomst. *Bouw Alliantie*. https://bouwalliantie.nl/blog/biomimicry-en-regeneratief-bouwen/

Chelimila, S., & Das, S. (2024, 30 september). Bladeless wind Turbines: Redefining wind energy. *Aranca*. https://www.aranca.com/knowledge-library/articles/ip-research/bladeless-wind-turbines-redefining-wind-energy

editor1. (2022, 11 september). *Biomimicry: Human creation inspired by Nature - New Acropolis Library*. New Acropolis Library. https://library.acropolis.org/biomimicry-human-creation-inspired-by-nature/

Fehrenbacher, J. (2012). BIOMIMETIC ARCHITECTURE: Green Building in Zimbabwe Modeled After Termite Mounds. *INHABIT*. https://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/

Gorissen, L. (2020). *Building the Future of Innovation on Millions of Years of Natural Intelligence*.

Haidar, Z. (2022). *Biomimetics: Bio-Inspired Tissular Engineering for Regenerative Oral, Dental and Cranio-Maxillo-Facial Solutions*. https://www.researchgate.net/publication/366858974_Biomimetics_Bio-Inspired_Tissular_Engineering_for_Regenerative_Oral_Dental_and_Cranio-Maxillo-Facial_Solutions

Hall, M. (2024, 14 mei). *How Nature Can Inspire the Best Digital Design*. Atlantic Business Technologies, Inc. https://www.atlanticbt.com/insights/biomimicry-digital-design/

Jamtion. (2023, 8 september). *Inspiration from Nature: Biomimicry in Graphic Design*. https://www.linkedin.com/pulse/inspiration-from-nature-biomimicry-graphic-design-jamtion/

Kuckreja, A. (2022, 6 januari). How a seemingly simple concept revolutionized innovation. *Medium*. https://akuckreja02.medium.com/how-a-simple-concept-revolutionized-innovation-eab0003adaf1

MacCowan, R. J., Chen, Y., & Nadathur, S. (2021). The State of Nature-Inspired-Innovation in the UK. In *Biomimicry Innovation Lab*. https://www.biomimicryinnovationlab.com/blog/the-state-of-nature-inspired-innovation-in-the-uk

Managementboek.nl. (2025, 28 januari). *De natuur als uitvinder - Boekblog - Managementboek.nl*. https://www.managementboek.nl/magazine/recensie/4444/de_natuur_als_uitvinder

McKosky, M. (2012). *Graphic design + biomimicry*. Rochester Institute of Technology. Geraadpleegd van https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8024&context=theses

Morren, J. (2024, 10 december). *Wat is biomimicry? - BiomimicryNL*. BiomimicryNL. https://biomimicrynl.org/wat-is-biomimicry/

Optimized Route Planning for Delivery Trucks Inspired by Honeybees — Innovation — AskNature. (z.d.). AskNature. https://asknature.org/innovation/optimized-route-planning-for-delivery-fleets-inspired-by-the-honeybee/

Poelman, Y. (2021). *De 9 succesfactoren van de BV Natuur. Survivalgids voor bedrijven.*

Promecam. (2024, 4 november). How to create a Voronoi pattern for sheet metal fences. https://promecam.it/en/news/how-to-create-a-voronoi-pattern-for-sheet-metal-fences/

Qi, C., Jiang, F., & Yang, S. (2021). Advanced honeycomb designs for improving mechanical properties: A review. *Composites Part B Engineering*, *227*, 109393. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109393

Search — AskNature. (z.d.). AskNature. https://asknature.org/?s=&page=0&hFR%5Bpost_type_label%5D%5B0%5D=Innovations&is_v=1

Sharklet Technologies, Inc. (2023, 13 september). *Home - Sharklet Technologies, Inc.* https://www.sharklet.com/

The Lighter Side of Biomimicry: Structural Color. (z.d.). https://www.learnbiomimicry.com/blog/structural-color?

Tree Media. (2015, 11 september). *Biomimicry* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=sf4oW8OtaPY

Ultra Strong Dry Adhesive | geCKo Materials. (2024). geCKo Materials. https://www.geckomaterials.com/

User, G. (2024, 27 juni). *Biomimicry 3.8 Blog: synapse.bio - biomimicry DesignLens*. Biomimicry 3.8 Blog: Synapse.bio. https://synapse.bio/blog/2017/10/18/free-download-biomimicry-designlens

Van Doorsselaer, K., & Du Bois, E. (2018). *Ecodesign: Ontwerpen voor een duurzame en circulaire economie*. Academia Press.

VERPAKKEN: Hoe kan de natuur ons helpen om duurzamere verpakkingen te ontwerpen? (2021). In BioLearn (Unknown). https://biolearn.eu/assets/documents/dutch-manual/Module-Verpakken-DEF_IND_SM.pdf

Yamaguchi, T., & Akamine, A. (2021). *On/off switching of adhesion in gecko-inspired adhesives*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/352777600_Onoff_switching_of_adhesion_in_gecko-inspired_adhesives

9 FIGURENLIJST

Figuur 1: *White smoke coming out from a building.* (2019, november). Pexels. https://www.pexels.com/photo/white-smoke-coming-out-from-a-building-3634730/

Figuur 2: *Magnifying glass.* (z.d.). https://https:/www.ecosia.org/images?addon=opensearch&q=looking+into+nature+magnifying+glass#id=81B4FAE1B732EB5D5FBD4C1BFDED854E53E5740E

Figuur 3: *Schets Leonardo Da Vinci*. (z.d.). https://s.yimg.com/ny/api/res/1.2/34NVgmn7oLE4gkfqKt4K8w--/YXBwaWQ9aGlnaGxhbmRlcjt3PTk2MDtoPTU2Mw--/https:/media.zenfs.com/en/homerun/feed_manager_auto_publish_494/c00758466758e1724e06fac50a193310

Figuur 4: Keane, C. (z.d.). *A whale of a wind turbine*. https://www.earthmagazine.org/article/whale-wind-turbine/

Figuur 5: *Biomorphic designs*. (z.d.). https://brdg.co/biomorphic-designs/

Figuur 6: *Biofuel*. (z.d.). https://springpowerandgas.us/blog/pros-and-cons-of-algae-in-biofuel/

Figuur 7: *How Britain's bee farmers can help raise crop yields*. (z.d.). https://www.fwi.co.uk/arable/britains-bee-farmers-can-help-raise-crop-yields

Figuur 8: *Stimulating biophilia through corporate interior design*. (2021). Perkins&Will. https://perkinswill.com/news/stimulating-biophilia-through-corporate-interior-design/

Figuur 9: *Myco leather*. (z.d.). https://www.reunion.ie/myco-leather/

Figuur 10: *Best Vitamin & Supplements Store in Thane*. (z.d.). https://muscle-shaper-nutrition.ueniweb.com/about-us/best-vitamin-supplements-store-in-thane-5776148

Figuur 11: *The future of coaching has never looked so good*. (z.d.). https://www.fasttalklabs.com/coaching/the-future-of-coaching-has-never-looked-so-good/

Figuur 12: *Transformation from sustainability to regenerative*. (z.d.). https://blog.hamk.fi/designfactory/regenerative-design-in-built-environment/

Figuur 13: *DesignLens Life's Principles*. (2013). Venturewell.org. https://venturewell.org/wp-content/uploads/DesignLens_Lifes_Principles.png

Figuur 14: *Ventilation system*. (2022). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/entilation-system-in-a-termite-mound-vs-a-realised-building-Source-Aithal-2020_fig1_366458253

Figuur 15: Stewards, G. (2024). *Murmurations*. Global Stewards. https://www.globalstewards.org/murmurations.htm

Figuur 16: *Vortex Bladeless*. (2025). Sofamel. https://sofamel.com/es/b/actualidad/noticias-y-actualidad-destacadas/p/vortex-bladeless-reinventa-la-energia-eolica-49-4

Figuur 17: *Antibacterial film inspired by sharks*. (2024). AskNature. https://asknature.org/innovation/antibacterial-film-inspired-by-sharks/

Figuur 18: *Snowflakes*. (2020). Pexels. https://www.pexels.com/photo/close-up-shot-of-snow-flakes-6757656/

Figuur 19: *Storm*. (z.d.). Pexels. https://www.pexels.com/photo/eye-of-the-storm-image-from-outer-space-71116/

Figuur 20: Donnolley, C. (2020, 10 juli). *Proportions of the golden mean*. Prestige Online. https://www.prestigeonline.com/th/lifestyle/art-plus-design/golden-mean-proportions/

Figuur 21: Bongers, L. (2024). *Hexagonpatronen*. Studio Lime Interieurconcepten. https://studiolime.nl/vormen-patronen-in-de-natuur/

Figuur 22: *Honeycomb Wrapping*. (z.d.). https://www.xmhjpackaging.com/. http://eu.xmhjpackaging.com/bubble-wrap-protector-roll-honeycomb-wrapping-paper-honeycomb-cushioning-wrap-roll-for-moving-shipping-wrapping-gifts-product/

Figuur 23: Girardeau, L. (2018, 12 juni). *Giraffe print*. Getty Images. https://www.gettyimages.be/detail/foto/close-up-of-giraffe-print-florida-usa-royalty-free-beeld/973946200

Figuur 24: Stock, F. N. (z.d.). *Leaf texture*. StockSnap. https://stocksnap.io/photo/leaf-texture-VQBQ5MGZEA

Figuur 25: Promecam. (2024a, november 4). *Create voronoi pattern*. https://promecam.it/en/news/how-to-create-a-voronoi-pattern-for-sheet-metal-fences/

Figuur 26: *Manta ray camouflage*. (2018). Pexels. https://www.pexels.com/photo/grey-and-blue-manta-ray-camouflage-in-corals-1522159/

Figuur 27: *Octopus*. (z.d.). Vecteezy. https://www.vecteezy.com/photo/25428483-octopus-swimming-undersea-beautiful-underwater-and-colorful-coral-in-the-wild-nature-of-the-pacific-ocean-generate-ai

Figuur 28: *Morpho butterfly*. (z.d.). Pinterest. https://https:/www.pinterest.com/pin/238198267763640534/

Figuur 29: Bray, S. (2011, 26 februari). *Capturing movement in water*. Photo Envato Tuts+. https://photography.tutsplus.com/articles/quick-tip-capturing-movement-in-water--photo-5642

Figuur 30: American Oceans. (2024, 13 februari). *Ocean*. https://www.americanoceans.org/facts/atlantic-vs-pacific-ocean/

Figuur 31: *Tropical Bird*. (z.d.). Inspired Pencil. https://ar.inspiredpencil.com/pictures-2023/real-tropical-birds

Figuur 32: Admincp. (2022, 22 november). Bending tree. *Fancy 4 Talk*. https://fancy4talk.com/this-is-one-of-the-worlds-windiest-places-where-the-trees-are-permanently-bent-and-crooked/

Figuur 33: Mook, M. (z.d.). *Rups en vlinder*. Wikiwijs. https://maken.wikiwijs.nl/175593/De_rups_en_de_vlinder

Figuur 34: *Autumn leaves*. (z.d.). Fityclub. https://fity.club/lists/suggestions/autumn-leaves/

Figuur 35: Helmenstine, A. M., PhD. (2020, 10 januari). *Blue-ringed octopus*. ThoughtCo. https://www.thoughtco.com/blue-ringed-octopus-facts-4173401

Figuur 36: *Ant colony*. (z.d.). Blogger. https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEhh3h_uuX-EhqKSWcX6bF4XSHIAGgnu29jPkaOgi6wT9aOisdHwcNEs151zgtXtZ70rw_T3DURnbmxaOc5bzBtyuSo3NF6M5S6kXq4EDd39zcdXFmfsgUSJLNaotLJRroGtORFEaKBi1GA/s1600/Ants+Dollarphotoclub.jpg

Figuur 37: *Bee's 'Waggle Dance'*. (2023, 9 maart). https://today.ucsd.edu/story/complex-learned-social-behavior-discovered-in-bees-waggle-dance

Figuur 38: Swenson, M. (2022, 15 juli). *Bees in yard*. House Digest. https://www.housedigest.com/928921/15-colorful-flowers-that-will-bring-bees-into-your-yard/

Figuur 39: Contegat, Y. (2020, 22 juni). *Cameleon*. Daily Geek Show. https://dailygeekshow.com/nanomateriau-camouflage-couleur/

Figuur 40: *Thermal Insulation*. (z.d.). Reparadise. https://reparadise.co/product/3m-thinsulate-acoustic-thermal-insulation-sm600l-for-camper-van/

Figuur 41: *Animal furr texture*. (z.d.). Colourbox. https://www.colourbox.dk/billede/animal-pels-tekstur-billede-5610162

Figuur 42: Inserm. (2021, 1 september). *Vaccin*. Futura. https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/vaccin-anti-covid-candidat-vaccin-anti-covid-19-prometteur-completer-arsenal-existant-93271/

Figuur 43: *De tardigrade*. (z.d.). Forums Des Énergies. https://nl.econologie.com/forums/Science-and-technologie/tardigrade-the-resistentie-extreme-and-cryptobiose-t12339.html

Figuur 44: Voedselverspilling verminderen. (2022, 21 december). *Duurzaamheidsdrivers*. https://sustainabilitydriver.jp/food-loss-new-technologies/

Figuur 45: Kicks, P. (2025, 1 april). *Exterior paint*. Emperor Paint. https://emperorpaint.co.uk/stop-peeling-bubbling-cracked-exterior-paint

Figuur 46: Techmezine. (2019, 7 januari). *Lotus leaf*. Techmezine. https://www.techmezine.com/top-10-news/lotus-leaf-inspires-scientists-create-worlds-first-self-cleaning-metals/

Figuur 47: *Eiffel Tower*. (z.d.). Public Domain Pictures. https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=209865&picture=eiffel-tower

Figuur 48: Bourgeois, J. (2021, 7 december). *moelle osseuse*. Fmedic. https://fmedic.org/a-quoi-servent-les-stimulateurs-de-moelle-osseuse

Figuur 49: *Dry adhesive's wedges*. (z.d.). geCKo Materials. https://www.geckomaterials.com/

Figuur 50: *Bogsneak feet*. (z.d.). Flightrising. https://www1.flightrising.com/forums/frd/2946459

Figuur 51: Biomimicry 3.8. (2024, 20 november). *DesignLens: Biomimicry Thinking - Biomimicry 3.8*. https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking/

Figuur 52: *Biology to design*. (2019). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figura-05-Diagrama-Biomimicry-Thinking-Biology-to-Design-Fonte-Biomimicry-Institute_fig3_335177877

Figuur 53: *Challenge to biology*. (2014). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Biomimicry-Methodology-Challenge-to-Biology_fig1_283048384

Figuur 54: *Biomimicry Design Spiral*. (2017, 17 oktober). Biomimicry Toolbox. https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

Figuur 55: *Global Cooperation*. (z.d.). World Updates. https://master.d1g45cfryp8klj.amplifyapp.com/updates/jan-eliasson-enhancing-global-cooperation-for-sustainable-development.html

Figuur 56 & 57: Biomimicry 3.8. (2024b, november 22). *Biomimicry Packaging Innovation Toolkit - Biomimicry 3.8*. https://biomimicry.net/product/biomimicry-packaging-innovation-toolkit/

Figuur 58 & 59: *Biomimicry in graphic design card set*. (z.d.). Gumroad. https://nahimsa.gumroad.com/l/BMY_cards

Figuur 60: *AskNature logo*. (z.d.). AskNature. https://asknature.org/