

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

BIO-HABITAT

DAS BIOLOGISCH GEWACHSENE HAUS

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Bio-Habitat

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades

eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Kottbauer

E253/3

Raumgestaltung und nachhaltiges Entwerfen
eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Marcus Anderle

9007227

Wien, am 15.10.2015

Zusammenfassung

Am einstweiligen Höhepunkt bautechnologischer Entwicklung erkennen wir heute anhand von Indikatoren wie dem Global Footprint, dass wir gesamtheitlich betrachtet weit von global anwendbaren nachhaltigen Produktionsmethoden entfernt sind. Produzieren, konsumieren und wohnen lassen sich dabei nicht voneinander trennen. Sucht man nach den Ursachen von Mensch-Natur-Unverträglichkeit, so scheint es, dass Kulturfortschritt generell in Konfrontation zur Biologie steht.

Einen möglichen Ausweg aus dem „abiotischen Produktionskonzept“ eröffnen neue Bio-Wissenschaften, die versuchen, aus Biologie eine produktiv nutzbare Technologie zu machen. So könnten langfristig ganze Gebäude und mit ihnen auch die Produkte, die wir heute für unseren Lebensstil zusätzlich benötigen, nicht nur umweltverträglich wachsen. Als lebende Organismen könnten unsere zukünftigen Häuser auch viele weitere vorteilhafte Eigenschaften mit sich bringen.

Die Herangehensweise beim Entwurf des biologischer Habitats orientiert sich an Arbeitsmethoden der Biowissenschaften, wenn sie vorhandene biologische Funktionsbausteine kombiniert und dabei biologische Systemeigenschaften berücksichtigt. Die Arbeit versucht auch die möglicherweise stark veränderten Anforderungen an Wohnen in einer nun biologisch produzierenden Gesellschaft im Entwurf des Habitats und möglichen Siedlungsstrukturen zu berücksichtigen.

Ziele

- Finden einer nachhaltigen Alternative zum geltenden Produktionsparadigma, auf dem auch heutige Architektur fußt
- Untersuchung, ob sich diese zum Entwurf leistungsstarker Habitate eignet
- Berücksichtigung veränderter Anforderungen im verändert produzierenden Umfeld
- Entwicklung eines angepassten Entwurfsprozesses und Entwurf eines Habitats

Abstract

At the summit of technological development we recognize when looking on environment indicators such as the Global Footprint, that we are far off from having the right methods to produce globally in a sustainable way. The production of daily goods and those we need for housing cannot be separated. Searching for the reasons of today's human-nature incompatibility, it seems like oppressing nature is a characteristic of cultural progress. New biological sciences could show

a way out of the „abiotic production problem“, when transforming biology into a new powerful production technology. In a long-term view, whole buildings and most of the products we need to live inside them could grow in a sustainable way. As living organisms, our future homes could come along with many other advantages. The designing process of these biological habitats must base on applied methods of life sciences, when identifying as much existing biological functions, or “biological

bricks“, as possible and combining them to a whole new organism, regarding known specifics of biological systems. Then, this work tries to reflect possibly changed requirements on housing and living in a society, producing and settling biologically.

Goals

- Finding a sustainable production method as an alternative to the current paradigm, on which today's architecture is based
- Examining its suitability for designing a high-performing habitat
- Considering the changed production environment and its impact on housing & living
- Developing a matching designing method
- Design of the habitat



Gewidmet meiner lieben Uschi, meinen lieben Buben Emil und Paul, meinen lieben Eltern, allen Freunden, Verwandten und flexiblen Arbeitskollegen. Vor allem meinem geduldig betreuenden Professor. Allen anderen Menschen, Säugetieren, Wirbeltieren und sonstigen Vielzellern und weiteren Lebensformen, maritim, ober- und unterirdisch, neben, über und in mir und unseren Nachfahren auch alles Gute.

Inhaltsverzeichnis

1. STATUS QUO

Der gute Bau	7
Wohin geht die Reise?	9
Biodiversität	10
Landbiomasse	12
Menschlicher Abfall	15
Biomasseproduktion & Nutzung	16
Biomasse- & Energieverbrauch	19
Industrielle Landwirtschaft	20
Die Stadt und die abiotische Produktion	23
Ökologischer Fußabdruck	24
Produktivsystem Biologie	27
Verschränkte Produktivsysteme	29

2. NATUR & WIR

Mensch & Technik	33
Reinlichkeit	35
Biologische Lösungen	36
Bioökonomie	39

3. NEUE TECHNOLOGIE

Biotechnologie	43
3D, Open & Wet	44
Risiken & Nebenwirkungen	45
Lego des Lebens	47
Das neue Dazwischen	49
Bioarts & Biodesign	51

4. BAUSTEINE DER BIOLOGIE

Äquivalente Lösungen	55
Biomasse	57
Photosynthese	59
Wachstum	61
Polymorphismus	63
Cross-Over	65
Symbiosen	67
Hormonelle Fernsteuerung	69
Sensoren	71
Bewegung	73
Trichome	75
Lichterzeugung	77
Thermoregulierung & Frostschutz	79
Energiespeicher & Wandler	81
Wasserspeicherung	83
Verdauung	85
Verholzung	87
Transparenz	89

5. BAUMEISTER BIOLOGIE

Lebendige Bauten	93
Baubotanik	95
Gescheiterte Vorentwürfe	97
Strukturvergleich	101
Logik der Bio-Struktur	103
H-Bäume	105

6. SZENARIO

Ur-Österreich	112
Österreich heute	115
Klima & Boden	116
Neue Gesellschaft	118

7. BIO-ENTWERFEN

Basis-Funktionalität	122
Erweiterte Funktionalität	124
Raum-Organisation	126
Arten-Design	129
Kürbisartige	130
Habitat Körperstruktur	132
Innenstruktur	134
Innere Funktionsanordnung	136
Modellierungs-Techniken	138
Wachstums- & Modellierungsabfolge	140
Ein Bio-Habitat in 6 Jahren	142
Wandaufbau & Temperierung	147
Sommer & Winter	149

8. LEBEN IM BIO-HABITAT

Lageplan	152
Grundriss 1:50	156
Schnitt A 1:50	158
Schnitt B 1:50	159
Ansicht Seite 1:50	160
Ansicht vorne 1:50	161
Detailschnitte 1:10	162
Ansichten Wohnbereich	166
Extension	169
Ansichten	170

1. STATUS QUO



Der gute Bau

Die Villa Kogelhof von Paul de Ruiter in Kamperland, Niederlande, **besitzt alle Eigenschaften, um als Beitrag zur modernen nachhaltigen Architektur gewürdigt zu werden.** Die flache Landschaft bildet den passenden Hintergrund für den kristallinen Baukörper mit seinen umweltverträglichen Eigenschaften. Er wird sich selbst mit Energie versorgen und noch dazu, nach und nach, in grüner Umwachsung verschwinden. Ein gutes Beispiel für ein gewohntes Betrachtungsverhältnis: die Natur als passender Rahmen für das Höhepunkterlebnis „menschliche Baukunst“. Eine solche Betrachtung spiegelt auch unseren selbstverständlichen Umgang mit Natur wider. Dabei ist, **was sich hier als stimmiges Ganzes präsentiert, mit dem Aspekt Umweltschutz nicht versöhnbar.** Zwar ist die Zerstörung einiger hundert Quadratmeter Natur nicht weiter tragisch. Doch dass wir es sehr häufig tun und kaum anders können schon.

Das Unversöhnliche liegt in der Gegensätzlichkeit der hier aktiven Systeme – wie und woraus wir Dinge herstellen und wie Biologie das tut. Auch am Standort der Villa gibt es Bakterien, Pilze, Moose, Gräser, Büsche und Bäume samt der Tiere die sich von ihnen ernähren. Alles lokal durch Sonne aus Stoffen vor Ort hergestellt um am Ende wieder Humus für neue Produkte zu werden.

Demgegenüber ist das dort errichtete Bauwerk eine unter enormem initialem Ressourceneinsatz errichtete Konstruktion, für dessen Herstellung viele spezielle Geräte, Baustoffe und -komponenten benötigt werden, die wiederum in anderen Bauwerken mit anderen Maschinen und Baustoffen hergestellt werden, wofür weitere besondere Ressourcen benötigt werden, usw.. In Summe benötigt es ein riesiges verflochtenes Produktionssystem, das vieler versorgender Netze (Transport, Strom, usw.) bedarf. Und alle diese Einrichtungen stehen auf Böden und viele benötigen Ressourcen von zusätzlichen Böden. Neben den Leistungen, die angeschlossene Netzwerke erbringen, werden viele Tonnen verschiedenster Produkte im Lauf der Zeit in das Bauwerk eingebracht um es wieder als Müll zu verlassen. Noch mehr besetzte Böden. Nach 80 Jahren, ein neben der Villa aus Licht, Wasser und CO₂ gewachsener Baum kommt gerade in die besten Jahre, wird der Bau vermutlich unter aufwändigen Abriss- und Transportvorgängen abgetragen. Ein Teil des Materials wird recycelt, ein anderer nicht. Der landet als deponiertes Risiko für den lokalen biologischen Stoffkreislauf – in Böden. Wie nachhaltig ist dieser Bau also wirklich? Wie können wir Nachhaltigkeit erreichen? Welche Rolle spielen Bauen und Wohnen dabei?



Innenansichten Villa Kogelhof

Bilder:
ganz oben [10.2.2015, images.cdn.baunetz.de/img/1/6/2/2/3/3/1/Villa_Kogelhof_01_Paul_de_Ruiter_Architects___Jeroen_Musch.jpg-bb7a909006910277.jpeg]
oben [10.2.2015, www.detail.de/architektur/news/geben-und-nehmen-villa-von-paul-de-ruiter-024524.html]

Quellen:
[Detail Online, 10.2.2015, www.detail.de/architektur/news/geben-und-nehmen-villa-von-paul-de-ruiter-024524.html, 10.2.2015]



Wohin geht die Reise?

Das Burj Khalifa ist das architektonische Wahrzeichen Dubais im Rang eines vorläufigen Weltwunders. Nicht nur dieses eine Gebäude ist ein technisches Wunderwerk, ganz Dubai ist es, denn diese prosperierende Stadt liegt in der Wüste. Die Errichter vieler neuer Gebäude sind sich der kommerziellen Nachhaltigkeit ihrer Bauwerke sicher. Dabei sind Wüstenstädte dieser Bauart ökologisch betrachtet immer „unnachhaltig“. **Das Beispiel zeigt aber, wie unterschiedlich die Relevanz ökologischer Nachhaltigkeit eingestuft wird.** Dazu kommt, dass Faktoren, die zur Steuerung nachhaltiger Entwicklung sehr wesentlich sind, heute kaum steuerbar sind.

Bevölkerung

Die Menge macht bekanntlich das Gift. Gäbe es nur ein paar Millionen Menschen, die unseren Lebensstandard hätten, gäbe es kein Umweltproblem, denn deren Auswirkungen spielten im globalen biologischen Stoffwechsel keine Rolle. Gäbe es jedoch 100 Milliarden Menschen, fielen ihnen alles Verwertbare binnen kürzester Zeit zum Opfer und übrig bliebe ein kahler Planet. Das Ergebnis wäre ähnlich dem eines der prähistorischen Massenvernichtungs-Ereignisse, den „Global Mass Extinction Events“. **Die globale Bevölkerungsentwicklung ist eine wesentliche Größe für künftige Nachhaltigkeitskonzepte.**

Verteilung

Die nachhaltige und gerechte Verteilung von Gütern sowie von Umweltschäden ist ein bis heute ungelöstes Problem. Kaufstarke Nationen denken global, wenn es um den Handel und Landkauf geht, aber national wenn es um die Ausschüttung der Gewinne, sichtbar an sozialen Mindeststandard, geht. So wird Land von großen Firmen gekauft und die ehemals davon lebende Bevölkerung wird ohne Einnahmequellen zurückgelassen. Ungelöst ist das Problem der Verantwortungsverteilung bei CO₂-Ausstößen oder der Überfischung und Verschmutzung der Meere. Sogar innerhalb der Gesellschaften gibt es selten funktionierende Schlüssel für Güterverteilung. **Dabei spielt die Vergleichbarkeit des Engagements und eine fair empfundene Verteilung von, der Umwelt dienenden, Lasten eine wesentliche Rolle für die Motivation.**

Entwicklungsbalance

Eine andere wichtige Frage ist die nach der Schwerpunktsetzung in Sachen Nachhaltigkeit. **Was ist uns wichtig und wert beibehalten zu werden? Was darf sich ändern? Wer soll das veränderte Angebot steuern?** Das Wirtschaftsmodell der letzten Jahrzehnte hat viel Wohlstand generiert. Doch sie muss ständig wachsen, um zu funktionieren. Daher wird stark auf Konsum fokussiert und

Produzenten gelten als Wohlstandsbewahrer. Wir konsumieren für mehr Sicherheit, mehr Umwelteffizienz, mehr Gesundheit, mehr Zeit, das Glück des Nachwuchses und was uns sonst noch versprochen wird. Die politische Agenda sieht nicht-materiellen Wohlstand (bessere Arbeitsaufteilung, Zeit mit Freunden/Familie) nicht vor. Wer oder was misst den soziokulturellen Fortschritt, der noch dazu auf nachhaltigen Grundlagen basieren soll?

Unser Wollen

Meinungsbildender Diskurs findet immer weniger über von Regierungen oder Firmen gelenkten Medien, sondern in sozialen Netzwerken statt. Das Internet stellt zudem viele Möglichkeiten zur Wissensgewinnung und -verbreitung zur Verfügung. Möglich, dass in dieser Umgebung neue, gegen den Strich gebürstete Modelle entstehen, die Lebensqualität, Konsum und Nachhaltigkeit in ein neues Verhältnis setzen.

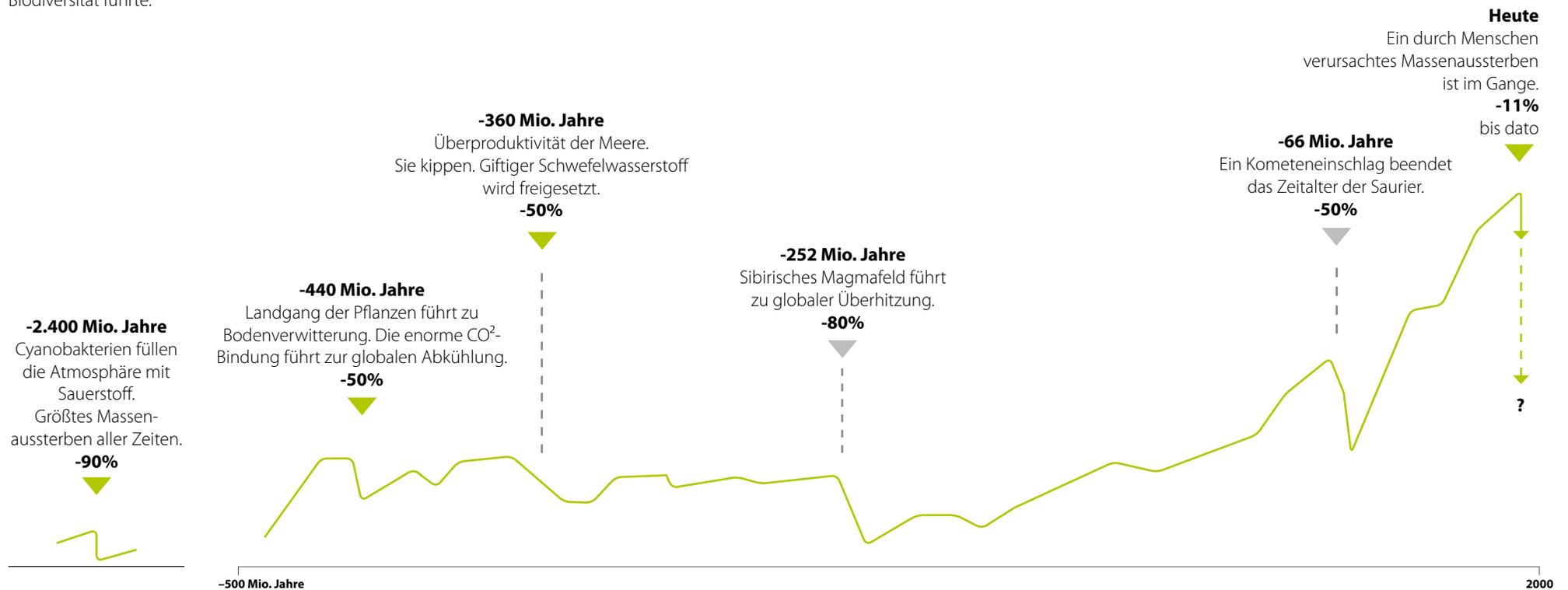
Bild:
<http://www.gulfartadvisory.com/wp-content/uploads/2014/12/dubai-fog-burj-khalifa-skyline-skyscraper-tallest-building.jpg>, 23.2.2015]

Biodiversität

Sie ist ein Maß für die Menge vorhandener Arten, ihre genetische Vielfalt und die Komplexität der darauf aufbauenden Ökologie. Eine hohe globale Biodiversität hat einen stabilisierenden Einfluss auf die Ökosphäre.

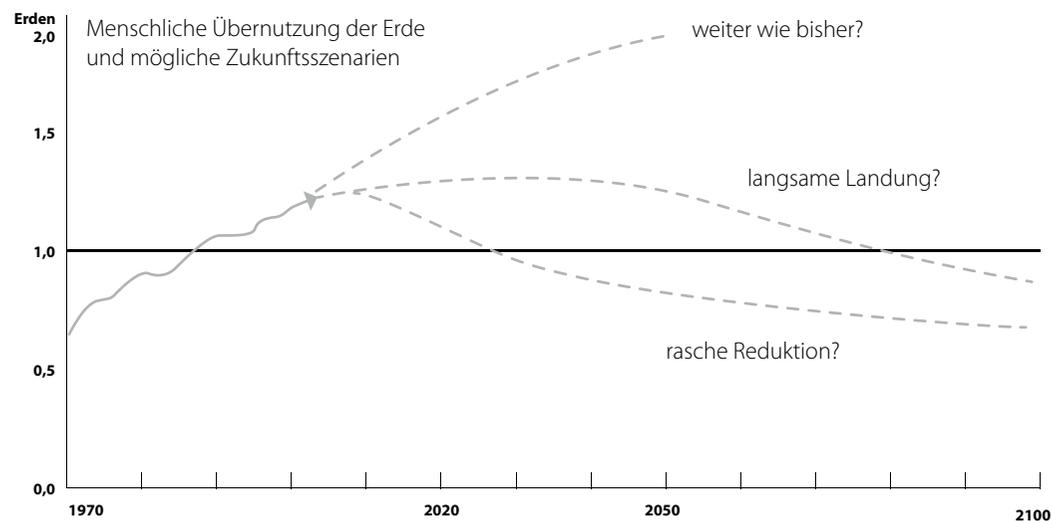
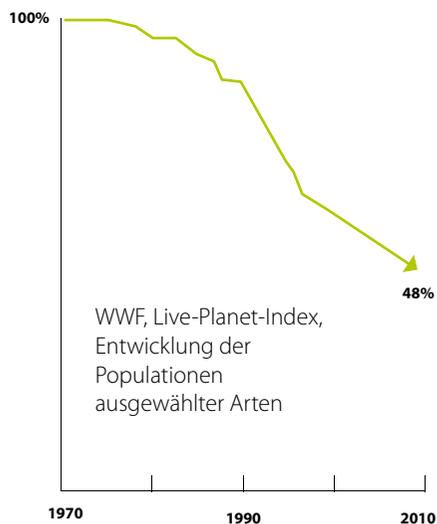
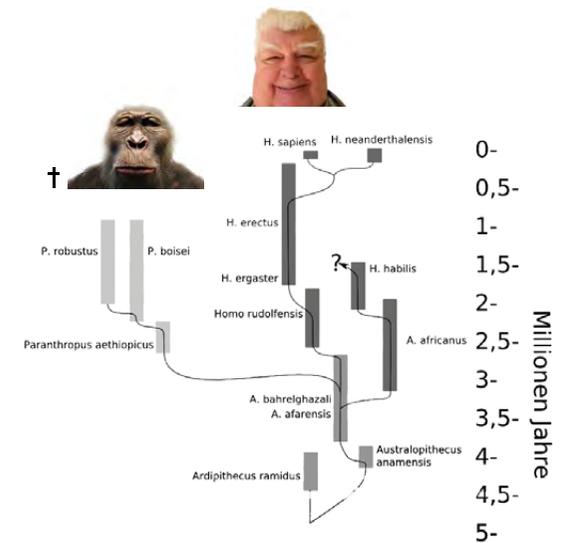
Trotz der Fähigkeit von Leben, seine Biodiversität laufend zu erhöhen, gab es in der Erdgeschichte mehrere Massenaussterben aufgrund übergroßen Artenerfolgs, was zu enormen Einbrüchen der Biodiversität führte.

▼ Massenaussterben
▼ biologisch induziertes Massenaussterben



Im System Biologie herrscht großes Tauziehen um verfügbare Energie. Arten, die dieses Spiel zu schlecht beherrschen, werden verdrängt und sterben aus. Jene, die es zu gut beherrschen, übernutzen ihre Ressourcen, mit dem gleichen Ergebnis. Der heutige Erfolg des Menschen und seine Ausbreitung destabilisieren das biologische Gesamtsystem. Jahrzehntlang andauernder Umweltschutz, Aufklärung und Forschung lassen bislang keinen ausreichend positiven Effekt erkennen. Laut UNO verantwortet der Mensch bis heute den Verlust von 11% globaler Biodiversität.

Das entspricht 20 Millionen Jahren Evolution. Der WWF veröffentlicht als Messbarkeitsinstrument jährlich den Living Planet Index, der sich aus den Beständen von 555 Landarten, 323 Süßwasserarten und 267 Meeresarten errechnet. Von 1970 bis 2010 haben sich die beobachteten Bestände weltweit um 52% reduziert. Welche Arten demnächst tatsächlich aussterben werden und welchen Einfluss das auf andere Arten haben wird, ist unklar. Eine Trendwende ist nicht in Sicht.



Bilder:
 Stammbaum Menschheit [7.12.2014, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Stammbaum_der_Entwicklung_des_Menschen.png]
 Paranthropus Boisei [28.8.2015, static.cosmiq.de/data/question/de/dbd/34/dbd34eb85eac435184ecb851a4aa64_1_orig.jpg]
 Mann [28.8.2015, weird-websites.info/Ugly-people/images/disgusting-old-men-pictures.jpg]

Illustrationen:
 Biodiversität [10.9.2015, en.wikipedia.org/wiki/Extinction_event, 4.9.2015]
 Populationen [10.9.2015, WWF Living-Planet-Report 2014, http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-LPR2014-EN-LowRes.pdf, Stand Sept. 2014]
 Menschliche Übernutzung der Erde [Philosophical Transactions Of The Royal Society B 2008, 24.8.2015, Shrink and share: humanity's present and future Ecological Footprint, 467-475, Justin Kitzes, Mathis Wackernagel, Jonathan Loh, Audrey Peller, Steven Goldfinger, Deborah Cheng, Kallin Tea, rstb.royalsocietypublishing.org/content/363/1491, 25.7.2007]

Quellen:
 Biodiversität [en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity, 1.10.2014]
 Biodiversitätsverlust heute [UNEP-WMC, Estimated Biodiversity Loss, 10.1.2015, www.unep-wmc.org]

Landbiomasse



Zur Aufteilung der globalen Landbiomasse gibt zahlreiche Hypothesen und Mengenangaben. Sie variieren z.T. um Potenzen. Meeresbodenproben 2012 ergaben z.B. einen 70–90% geringeren maritimen Biomasseanteil als bis dahin vermutet, was die globale Biomasse schlagartig um ein Drittel verringerte. Der Begriff Biomasse ist je nach Anwendung verschieden. Gewichtsangaben mit energetischem oder landwirtschaftlichem Bezug meinen in der Regel trockene Biomasse TM ohne Wasser. Der liegt je nach Art bei ca 50% im Mittel. Bei ökologischen Berechnungen wird häufig nur der enthaltene Kohlenstoff herangezogen (ca. 25%).

Quellen:
Die angeführten Mengenangaben in Mrd. Tonnen feuchter Landbiomasse und stammen von der Website von Dr. Werner Brefeld inkl. zahlreicher Quellenangaben. [www.brefeld.homepage.t-online.de/leben-auf-der-erde.html, 9.1.2015]

Das Gewicht alles Lebendigen und aller biologisch verwertbaren Stoffe lässt sich messen: Die globale Landbiomasse wiegt rund 2.500 Mrd. Tonnen.



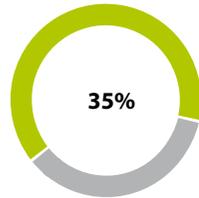


[12.2.2014, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Pandharpur_landfill_%282731725010%29.jpg]

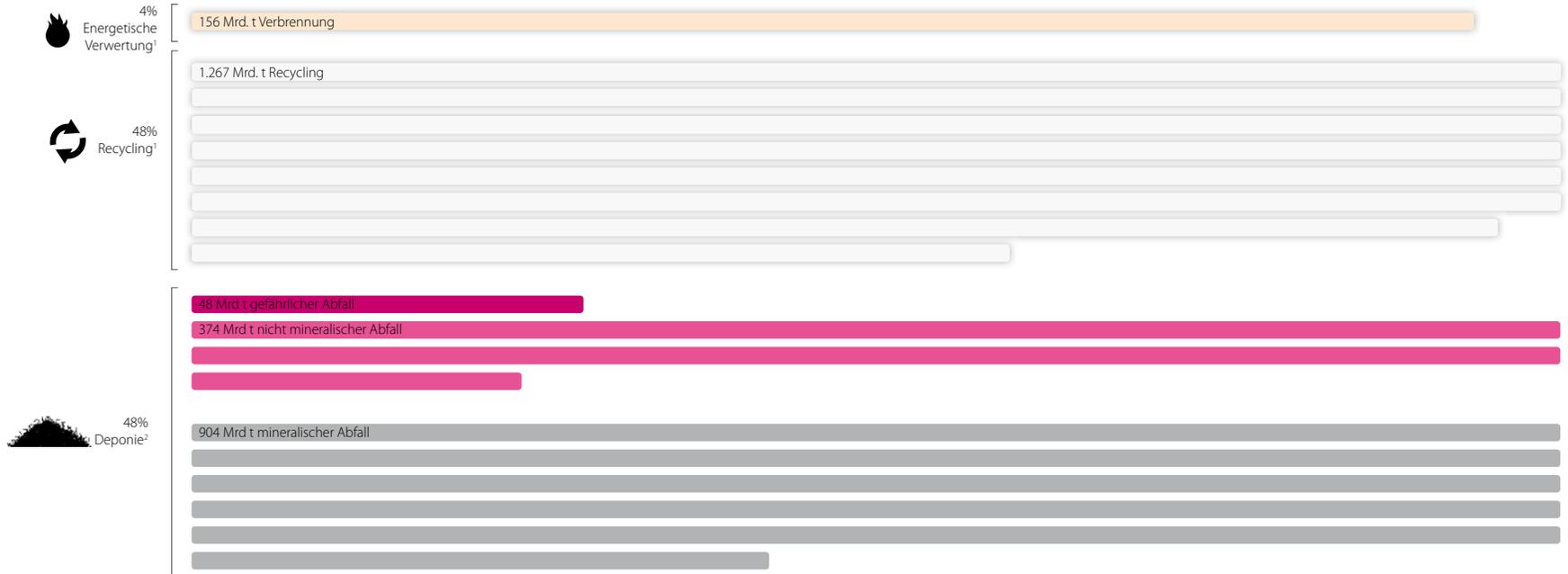
Menschlicher Abfall

Die Menge allen nicht-recyclierbaren Abfalls, der sich im Laufe eines Menschlebens ansammelt, hätte ein Gewicht von 1.326 Mrd Tonnen, wenn weltweit auf EU-Niveau Müll produziert werden würde. Das entspricht 35% der globalen Landbiomasse.

65% Globale Landbiomasse
 $2,5 \times 10^{12}$ t (vgl. S. Seite 12)



35% Deponie-Müll nicht-recyclierbar
 $1,32 \times 10^{12}$ t



EU		pro Person, Tag
Bauwesen	33%	4,5 kg
Bergbau	28%	3,8 kg
Sonstige	14%	1,9 kg
Produktion	11%	1,5 kg
Haushalt	9%	1,2 kg
Energiewesen	3%	0,4 kg
Land- & Forstw.	2%	0,2 kg
	100%	13,4 kg

¹ 46% Recycling (1,3 Mrd. t) + 6% Verbrennung (0,16 Mrd. t). Enthält verwertbaren gefährlichen, nicht mineralischen und mineralischen Abfall. Werte auf EU-Lebenserwartung und Weltbevölkerung extrapoliert (80,3 Jahre, EU 525 Mio. Einwohner, Weltbevölkerung 7 Mrd). Quelle [EU-Abfall 2010, Eurostat, 9.1.2015, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/de]

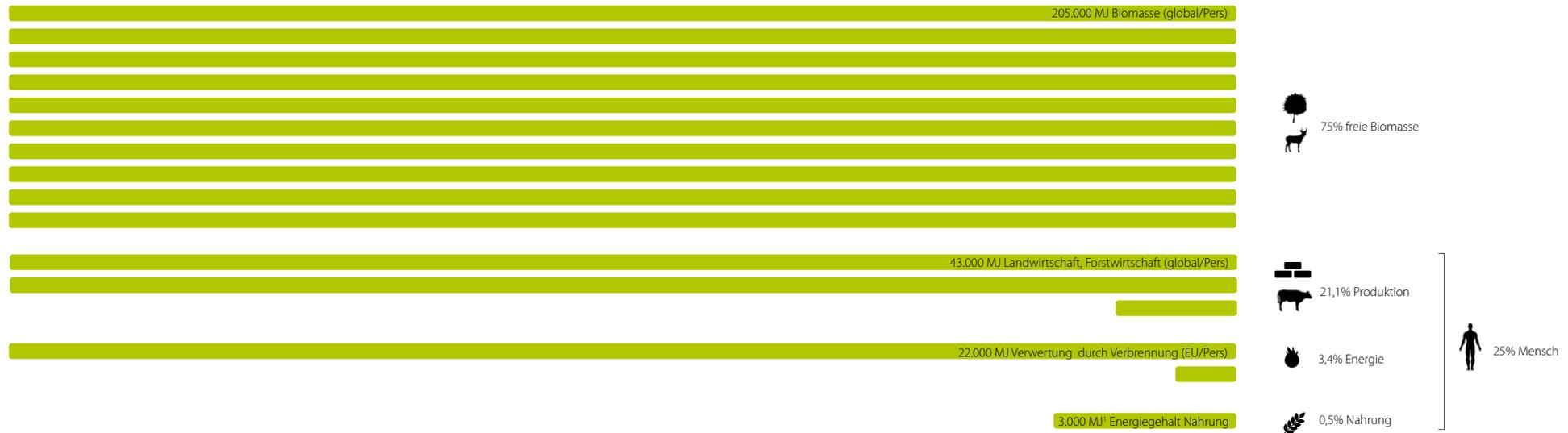
² 48% nicht-recyclierbarer Müll (1,24 Mrd. t). Angenommene Werte nicht-mineralischer Abfall (35,5%), mineralischer Abfall (64,5%) und gefährlicher Abfall (3,7%) unter Annahme gleicher Gesamtverteilung wie Angaben zu „verwertbaren Abfällen“. Werte auf EU-Lebenserwartung und Weltbevölkerung extrapoliert (80,3 Jahre, EU 525 Mio., Weltbevölkerung 7 Mrd). Quelle [EU-Abfall 2010, Quelle Eurostat, 9.1.2015, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/de]

Biomasseproduktion & Nutzung

Die jährliche Global-Biomasseproduktion beträgt 115 Mrd. Tonnen Trockenmasse und findet auf 130 mio. km² eis- und seefreier Landfläche statt. Das mittlere Aufkommen liegt bei 0,9 kg/m². Mit einem Kohlenstoffanteil von rund 48% liegt ihr Energiegehalt im Mittel bei 17 MJ/m².

Vom globalen Gesamtergebnis 1.900.000 PJ werden 25% vom Menschen (s. Karte HANPP) verbraucht. Bei einer Weltbevölkerung von 7 Mrd. Menschen bedeutet dies einen Pro-Kopf-Anteil von rund 205.000 MJ an freier und 68.000 MJ menschlich genutzter Biomasse pro Jahr.

Darunter fallen Nahrung (3.000 MJ/Pers.), Nutztiere, Nahrung für Nutztiere, Produktionsstoffe, energetisch und anders verwertete Biomasse (43.000 MJ/Pers., EU 2010 alleine 22.000 MJ/Pers. nur energetische Verwertung).



Quellen:

[Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century, Fridolin Krausmann, <http://www.pnas.org/content/110/25/10324.abstract>, 10.1.2015]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Primary_production, 6.1.2015]

20–40% der NPP werden von Menschen angeeignet [www.footprint.at/index.php?id=3061]

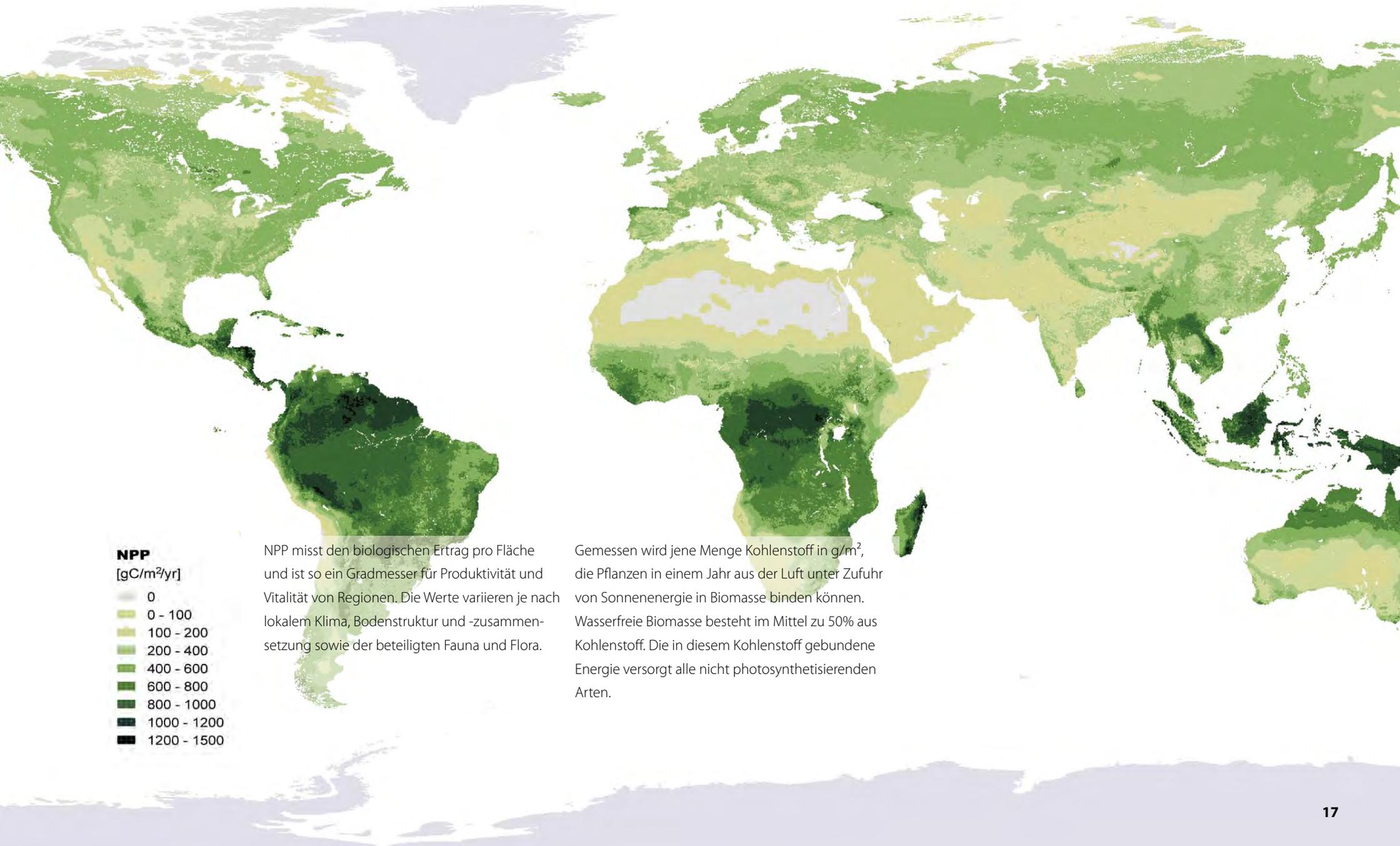
Verteilung Biomasse, Biomasseproduktion, Degradierung [www.spektrum.de/lexikon/biologie/biomasse/8717, 10.4.2015]

[Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung, Klaus M. Leisinger, „Weltbevölkerungswachstum und Vernichtung fruchtbarer Böden“, 8. 2008, <http://www.berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/umwelt/land.html>, 10.1.2015]

[25% Nutzung durch den Menschen: Quantifying and mapping human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems, H. Haberl, 25.5.2007, 10.4.2015]

Biomasse Netto-Primär-Produktion NPP

So vital bzw. produktiv ist Biologie je nach Region.

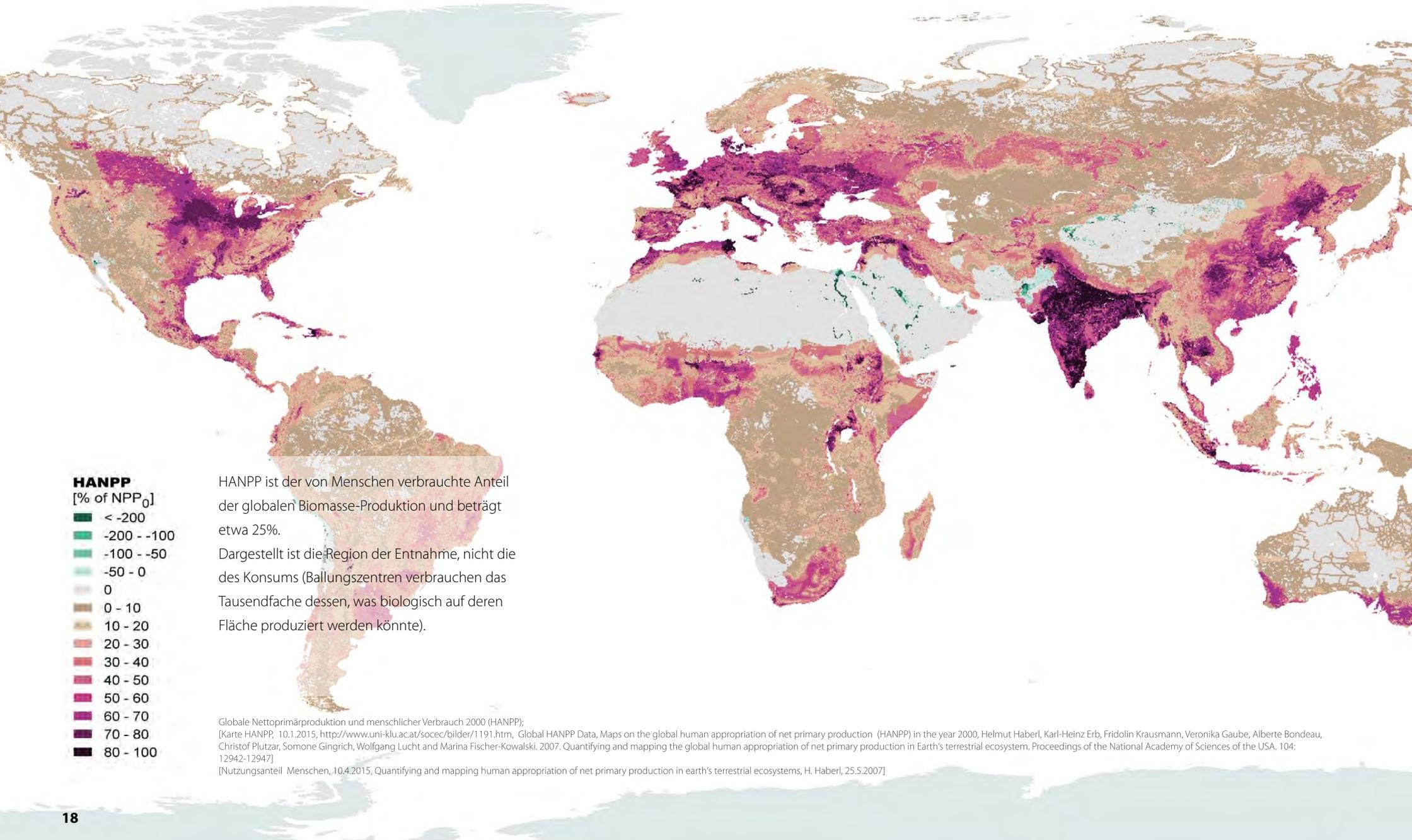


NPP misst den biologischen Ertrag pro Fläche und ist so ein Gradmesser für Produktivität und Vitalität von Regionen. Die Werte variieren je nach lokalem Klima, Bodenstruktur und -zusammensetzung sowie der beteiligten Fauna und Flora.

Gemessen wird jene Menge Kohlenstoff in g/m^2 , die Pflanzen in einem Jahr aus der Luft unter Zufuhr von Sonnenenergie in Biomasse binden können. Wasserfreie Biomasse besteht im Mittel zu 50% aus Kohlenstoff. Die in diesem Kohlenstoff gebundene Energie versorgt alle nicht photosynthetisierenden Arten.

Human Appropriated Net Primary Production HANPP

So viel vom biologischen Produktionsergebnis wird je nach Region vom Menschen entnommen.



HANPP ist der von Menschen verbrauchte Anteil der globalen Biomasse-Produktion und beträgt etwa 25%.

Dargestellt ist die Region der Entnahme, nicht die des Konsums (Ballungszentren verbrauchen das Tausendfache dessen, was biologisch auf deren Fläche produziert werden könnte).

Globale Nettoprimärproduktion und menschlicher Verbrauch 2000 (HANPP);

[Karte HANPP, 10.1.2015, <http://www.uni-klu.ac.at/socec/bilder/1191.htm>, Global HANPP Data, Maps on the global human appropriation of net primary production (HANPP) in the year 2000, Helmut Haberl, Karl-Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Alberte Bondeau, Christof Plutzer, Somone Gingrich, Wolfgang Lucht and Marina Fischer-Kowalski. 2007. Quantifying and mapping the global human appropriation of net primary production in Earth's terrestrial ecosystem. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 104: 12942-12947]

[Nutzungsanteil Menschen, 10.4.2015, Quantifying and mapping human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems, H. Haberl, 25.5.2007]



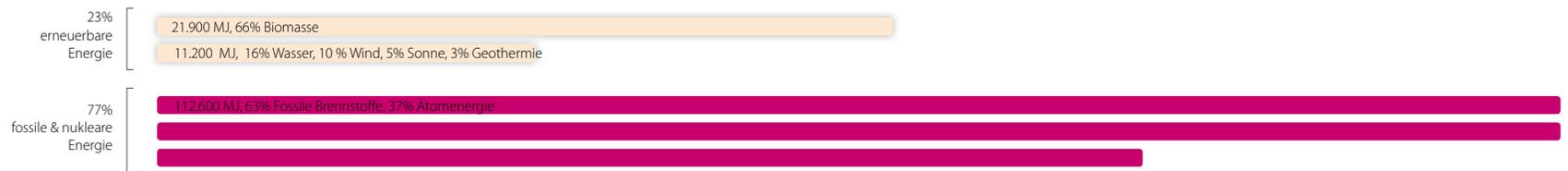
Biomasse- & Energieverbrauch

2015 kommen auf jeden Menschen 1,8 ha eisfreie nutzbare Landfläche. Tendenz sinkend.

Der jährliche Nahrungsbedarf eines EU-Bürgers wächst auf der Fläche von 0,02 ha. Für Bauflächen, Produktion und Tierhaltung verbraucht er 0,45 ha. Würde der Energiebedarf aus Biomasse gedeckt, wären es 1,14 ha und 0,66 ha nutzbares Land verbliebe für anderen Arten.

Rechnet man jedoch Biodiversitätsverluste des eigenen Bodens sowie Böden, die durch Waren- und Wirtschaftsbeziehungen außerhalb der EU besetzt werden, hinzu, verbrauchen EU-Bürger 4,7 ha. Ökologischer Fußabdruck (👉 Seite 24)

Energie	
Transport	32%
Industrie	26%
Haushalt	26%
Dienstleistung	13%
Landwirtschaft	2%
andere	1%
	100%



Quellen:
 [EU-28-Energieverbräuche, „Consumption of energy“, 3.2014, herangezogener Wert Gesamt-Bruttoverbrauch 2010 umgerechnet von Öleinheiten in Joule (1 mtoe=42 PJ)], http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy
 [12.10.2015, de.wikipedia.org/wiki/Ökologischer_Fußabdruck, 2.10.2015]

Industrielle Landwirtschaft

Vor allem in den gemäßigten Zonen mit meist dicken Humusschichten wird überwiegend industrielle Landwirtschaft betrieben. Sie erwirtschaftet hohe Erträge pro Person, durch massiven Düngereinsatz können große Überschüsse produziert werden, die weit über den natürlichen Erträgen liegen. Doch mit der Zeit verwandelt sie Landstriche in **ökologische Wüsten**, die in unseren Breiten nicht so schnell zu erkennen sind wie jene, die in den Tropen binnen weniger Jahre sichtbar werden. Spanien wird sich als erstes europäisches Land voraussichtlich in 10 Jahren zu zwei

Dritteln in eine Wüste verwandelt haben. Doch auch die Humusschicht mitteleuropäischer Äcker reduziert sich rasch. Die angewandten Methoden bringen mit sich, dass Biomasse, die sich über Jahrzehntausende bildete, binnen weniger Jahrzehnte verschwindet. Europas Böden verlieren Jahr für Jahr mehr Biomasse als neu dazukommt. Die Neubildungsrate liegt bei 0,05–0,1 mm pro Jahr. Im Mittel werden 0,5–1 mm pro Jahr „verbraucht“. Weltweit werden 7000 km² landwirtschaftliche Fläche pro Jahr zur Wüste. Doch solange immer noch etwas wächst, nehmen wir dies kaum wahr.

Einstweilen profitieren wir von billigerem Korn, Zucker, Gemüse und Fleisch. Die meisten Anbauflächen der Welt dienen zudem „nur“ der Ernährung von Nutztieren. Die Entstehung von 1kg Fleisch bedarf der 13-fachen Menge pflanzlicher Nahrung und somit des 13-fachen Bodenbedarfs. Das wird in der Landnutzung immer deutlicher sichtbar. So ist **industrielle Landwirtschaft heute der größte Artenkiller.** Viele Tiere flüchten mangels Alternative in die Städte, um hier von jenem menschlichem Überfluss-Müll zu leben, der niemals hätte angebaut werden müssen.

Bild:
[Bauer, 12.10.2015, mellofmjamaica.com/images/farmer-19050.jpg]

Illustration:
Nutzung von Boden, Marcus Anderle

Quellen:
[Wirtschaftsgeografie und globalisierter Lebensraum, Dianelli, Compendio Bildungsmedien AG 2009, Seite 75]
[Spiegel 19/2007, 07.05.2007, Von Stampf, Olaf und Traufetter, Gerald, Der Biologe Josef Reichholf über die Vorteile eines wärmeren Klimas für Tiere und Pflanzen, Großstädte als Zentren der Artenvielfalt und die Legende von der Rückkehr der Malaria, <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-51449046.html>, 15.1.2015]
[Bodendegradations, de.wikipedia.org/wiki/Bodendegradation, 15.3.2015]
[Wird Spanien zur Wüste?, 12.10.2015, www.heise.de/tp/artikel/26957/1.html, 30.12.2007]

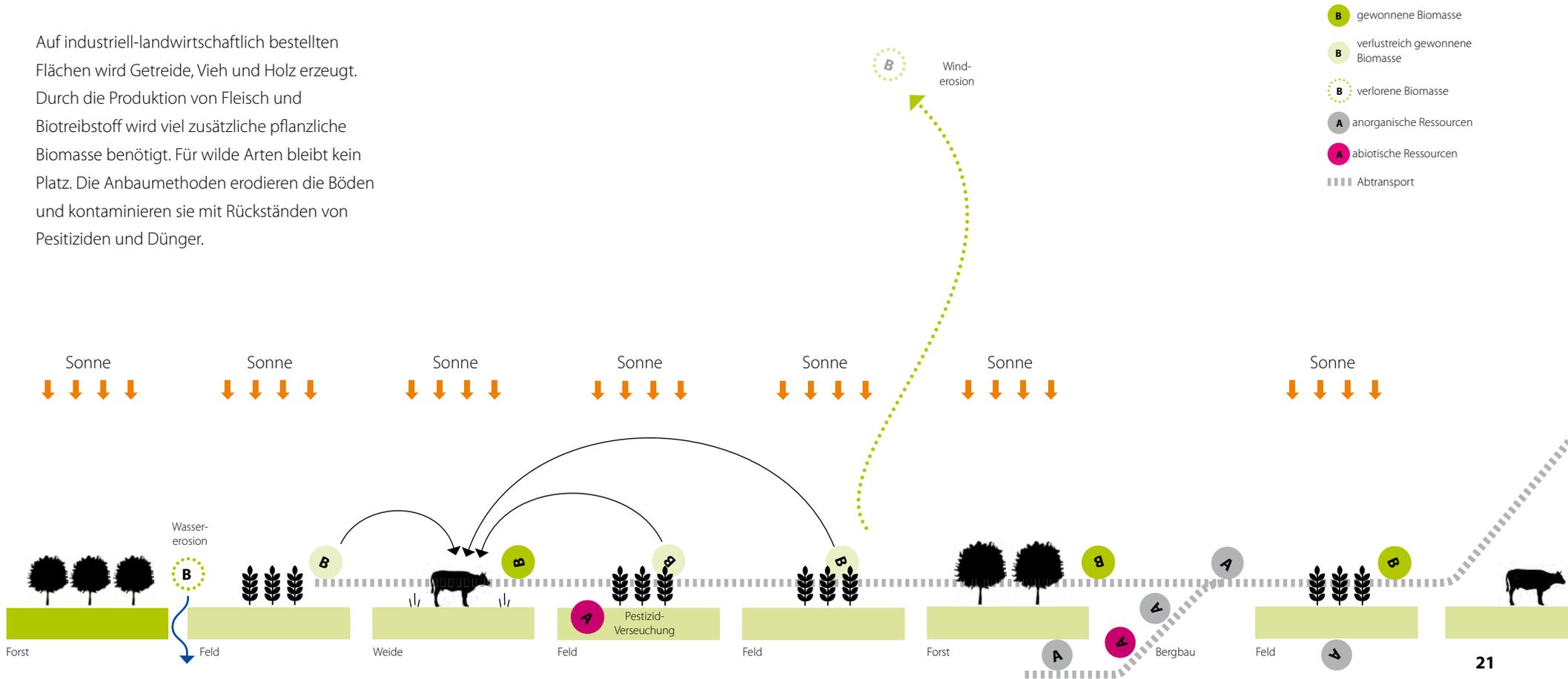


EU-Böden Gefährdete Böden

19%	Pestizide
18%	Düngung
12%	Wasserosion
9%	Versauerung
4%	Winderosion
4%	Bodenverdichtung

Auch Mehrfachnennungen
 [ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/inter_de/tab1.htm, 1995, 15.3.2015]

Auf industriell-landwirtschaftlich bestellten Flächen wird Getreide, Vieh und Holz erzeugt. Durch die Produktion von Fleisch und Biotreibstoff wird viel zusätzliche pflanzliche Biomasse benötigt. Für wilde Arten bleibt kein Platz. Die Anbaumethoden erodieren die Böden und kontaminieren sie mit Rückständen von Pestiziden und Düngern.



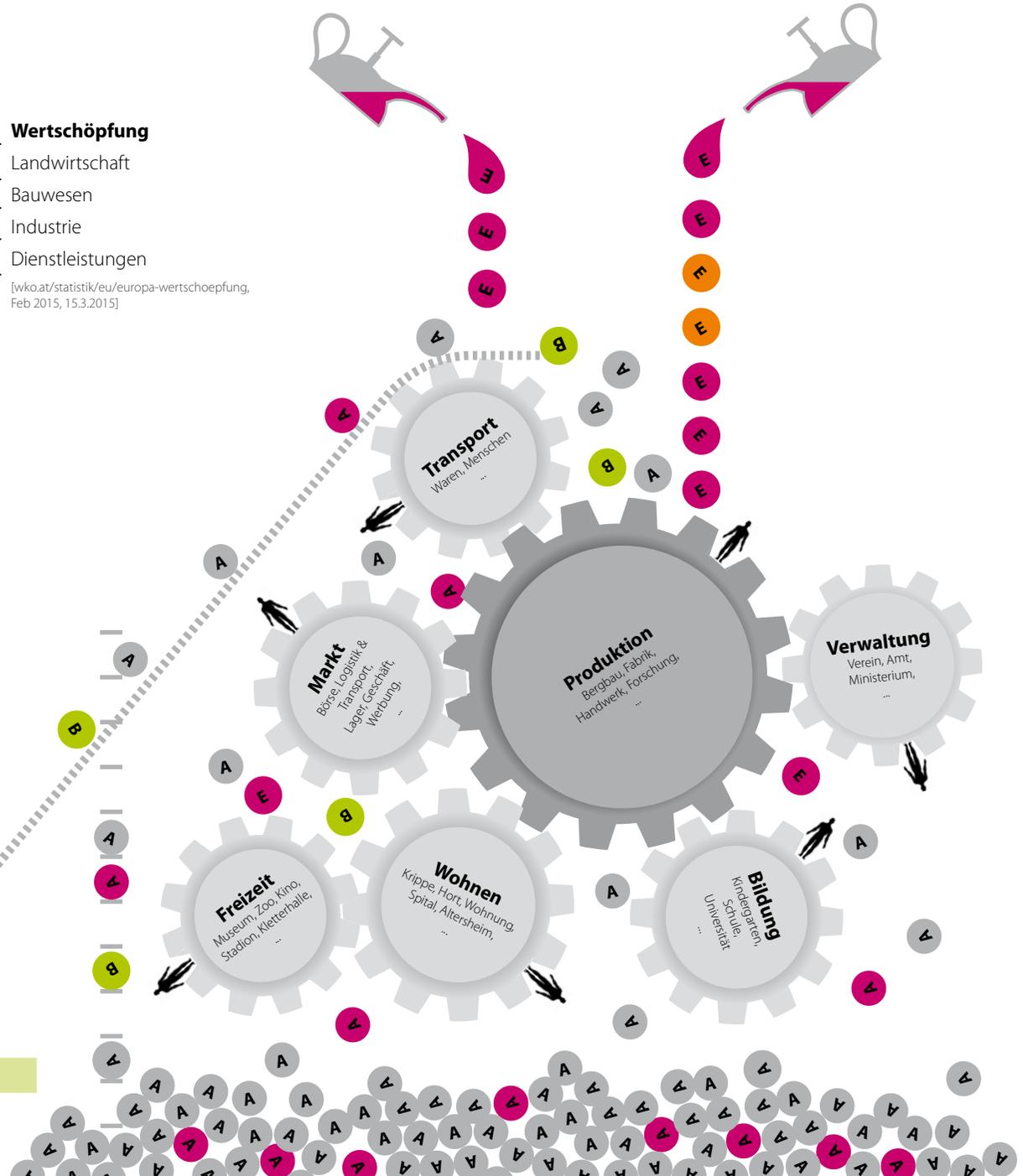
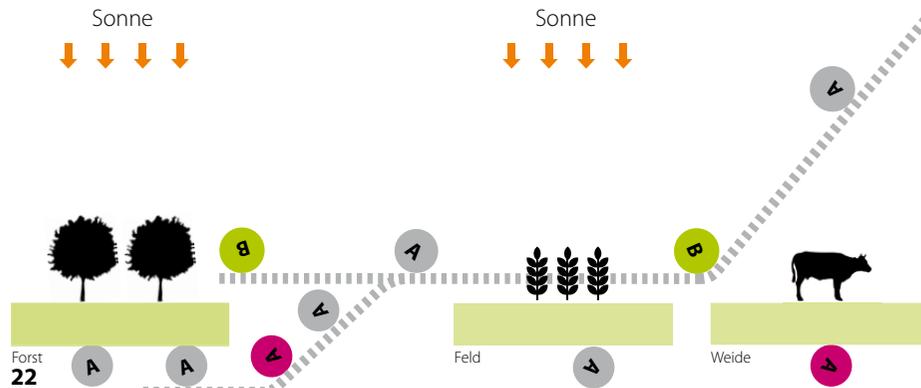


EU-28	Wertschöpfung
1,7%	Landwirtschaft
5,2%	Bauwesen
19,7%	Industrie
73,6%	Dienstleistungen

[wko.at/statistik/eu/europa-wertschoepfung, Feb 2015, 15.3.2015]

Ein um Produktion herum aufgebautes System funktioniert am besten zentralisiert. Es verbraucht große Mengen an Energie und organischen wie anorganischen Materials.

- B gewonnene Biomasse
- A anorganische Ressourcen
- A abiotische Ressourcen
- E Energie, nicht erneuerbar
- E Energie, erneuerbar
- ▬▬▬ Transport



Die Stadt und die abiotische Produktion

Mit den landwirtschaftlich gewonnenen Biomasseüberschüssen entstand und steht der Stadtapparat samt seinen wichtigsten Einrichtungen Markt, Handwerk, Bildung, Verwaltung und Infrastruktur. Kurze Wege für Gedanken- und Warenaustausch kennzeichnen diese erstmals ganz den Anforderungen des Menschen nach geformte Umwelt. Sie etabliert sich als Produktionszentrum und fungiert heute gleich einer Kommandozentrale als Umschlagplatz menschlich gefertigter Güter.

Die Geschichte der Stadt ist auch die Geschichte der Loslösung vom biologisch integrierten Lebensraum. Während am Land nach wie vor durch ein flächenbasiertes Ergiebigkeitsmaximum begrenzt lokal gewirtschaftet wird, laufen Prozesse im abiotischen Produktionssystem am effizientesten zentralisiert. Zudem wird beim Bau ohnehin zumeist mit „totem“ Material gearbeitet, das durch die Eigenschaft „Haltbarkeit“ vor dem Verfall geschützt sein muss. Dazu wird anorganisches Material verwendet oder organisches biologisch „unverdaulich“ gemacht, also „abiotisiert“. So sind auch die meisten Produkte und Abfälle mehrheitlich abiotisch oder biologisch unverträglich. Heute reagieren wir zumindest teilweise darauf, indem wir versuchen mehr Stoffe organisch biologischen Ursprungs

einzusetzen, diese möglichst schadstoffarm zu behandeln und Stoffe generell häufiger wiederzuverwenden.

Die Industrialisierung und Erschließung fossiler Energiequellen ermöglichten die kraftmäßige Entkopplung vom biologischen Motor. Produktivitätsgrenzen fielen. Individuen können seitdem enorme Güterwerte aggregieren. Sie werden „reich“ und die Stadt bzw. „Technosphäre“ dadurch zum Leit-Lebensraum. Produktschwemme, technische Innovation und Leistungssteigerung stiften bis heute Kulturidentität. Eine städtische Sicht dominiert das Weltgeschehen.

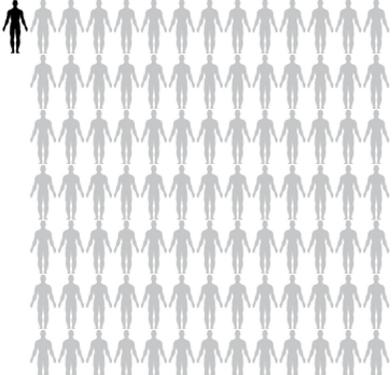
Was evolutionär blitzartig geschah, ist menschlich betrachtet ein langsamer Vorgang über mehrere Generationen hinweg. Da jede Generation auf ihre neue Umwelt gleichsam „normalisiert“ wird, ist das angefallene Ausmaß der Umweltveränderung des „außen“ liegenden Systems Biologie für die Verursacher kaum erkennbar. Die Stadt ist kein logischer Bestandteil einer nachhaltig wirtschaftenden Zukunft. Sie ist ein Ausdruck von Ressourcenverfügbarkeiten und die Folge von Produktionsmethoden. Dazu zählt vor allem die hohe Verfügbarkeit von Energie.

Landflucht wird häufig als Bestätigung des Systems Stadt gesehen. Dabei wird Landflucht gerade durch die Stadt verursacht, ohne den Entwurzelten ein Angebot machen zu können. Fast alle großen Städte sind mit Verelendung konfrontiert und scheitern daran.

 Mensch Grundumsatz

Sammler & Jäger


Agrargesellschaft


Industriegesellschaft


Aus Sicht der biologischen Trophieebenen ist der Mensch – heute gibt es rund 3,6 Milliarden Städter – ein Konsument der seinen Energieverbrauch auf das Hundertfache erhöht hat.

Quelle
[10.4.2015, Eine kleine Geschichte des Energieverbrauchs, www.oekosystem-erde.de/html/energiegeschichte.html]

Abbildung links
Arbeiter und Maschine [3.7.2014, <http://img.welt.de/img/wirtschaft/crop101241848/4638729486-ci3x2l-w620/Maschbau2-DW-Wirtschaft-Klipphausen.jpg>]

Ökologischer Fußabdruck

Wir befinden uns in einer Phase globaler ökologischer Bewußtseinsbildung. Wir erkennen zunehmend den Steuerungsbedarf einer Kausalitätskette, die beim menschlichen Entwicklungsbedürfnis beginnt, über deren Erfüllung durch passende Produkte und Leistungen geht und in Umweltauswirkungen endet. Diese wiederum beeinflussen das ökologische Produktivitätsausmaß für künftige Produkte und Leistungen.

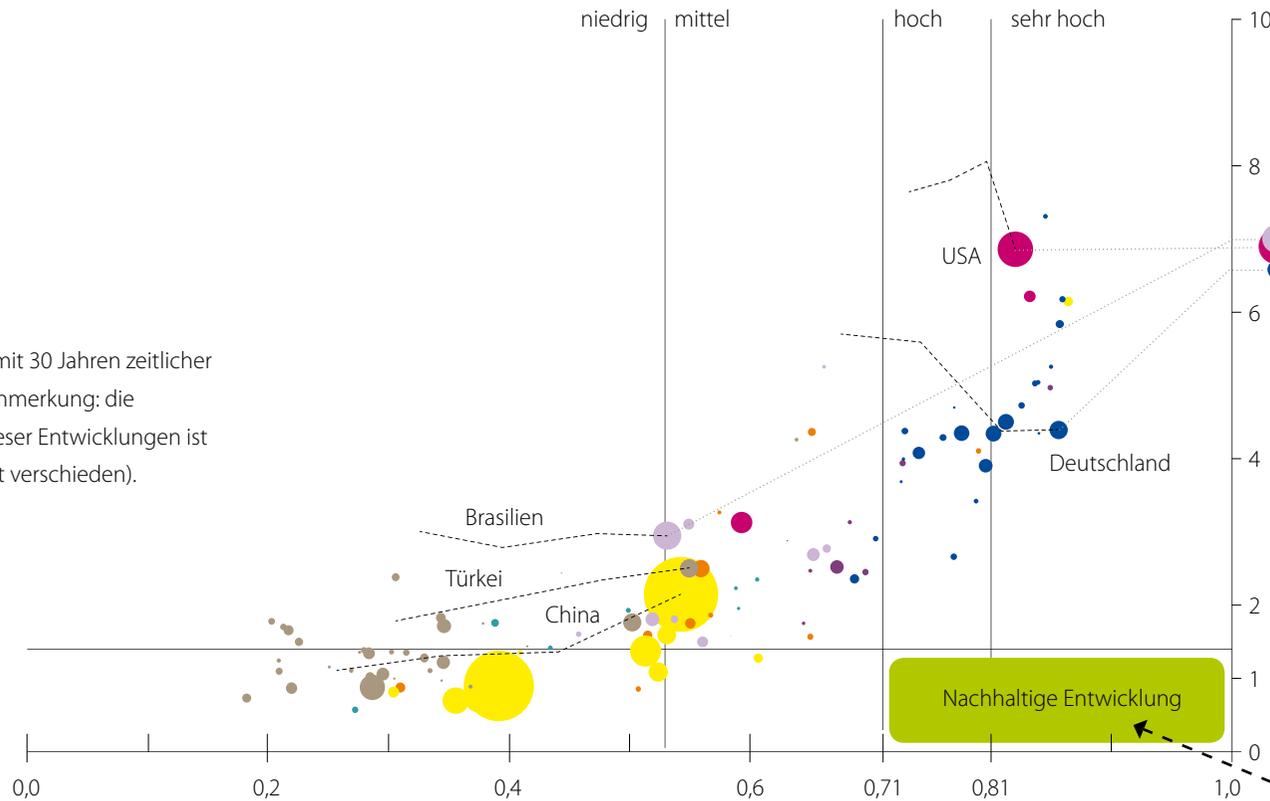
Wir müssen heute annehmen, dass aufgrund heutiger Produktionsverhältnisse künftige Generationen aus weniger Ressourcen werden schöpfen müssen, und dass eine große Anzahl von Tier- und Pflanzenarten die Reise in eine weniger anthropozentrische dominierte Zukunft als Restbestände in Naturreservaten antreten wird.

Die Illustration des WWF-Berichts 2014 rechts veranschaulicht den anzustrebenden (grün) und die erreichten Entwicklungsstände (Kreise) verschiedener Bevölkerungen unter Berücksichtigung des regionalen ökologischen Fußabdrucks. Sie verdeutlicht zudem den enorm ungleich verteilten Konsum von Produkten und Leistungen.

Keine Region der Welt nimmt heute einen fairen Anteil an menschlicher Entwicklung und verbraucht dabei mehr ökologische Ressourcen als auf Dauer gut ist. Es ist meiner Ansicht nach erlaubt zu mutmaßen, dass es nur einer völlig neuen Produktions- und Verteilungsstrategie die mit gewohnten Denkmustern bricht, gelingen kann, alle Regionen im Zielbereich zu vereinen.

Darstellung der Wechselbeziehung von ökologischem Fußabdruck und menschlichem Entwicklungsindex.

- Afrika
 - Naher Osten/Zentralasien
 - Asien/Pazifik
 - Südamerika
 - Mittelamerika/Karibik
 - Nordamerika
 - EU
 - Restliches Europa
- Ausgewählte Länder sind mit 30 Jahren zeitlicher Entwicklung dargestellt (Anmerkung: die Berechnungsgrundlage dieser Entwicklungen ist gegenüber dem IHDI leicht verschieden).



Ökologischer Fußabdruck 2010
ha pro Person ▼

Der Ökologische Fußabdruck misst die Inanspruchnahme der globalen Biokapazität pro Person in Hektar. 1,7 ha pro Person hieße, die gesamte Biokapazität der Erde für die Menschheit in Anspruch zu nehmen. Vorgeschlagen werden hier 1,4 ha.

Average-Happiness-Index
am Beispiel der Länder USA, Deutschland und Brasilien ist ersichtlich, dass Glück nicht zwangsläufig mit Entwicklungsmaß und ökologischem Fußabdruck korreliert (Average-Happiness-Index-Skala an Ökologischer-Fußabdruck-Skala proportional angepasst)

Kein einziges Land der Welt liegt heute trotz Kenntnis der Lage innerhalb der Zielkoordinaten für menschliche Entwicklung und einen ökologisch nachhaltigen Fußabdruck.

► **Index menschlicher Entwicklung IHDI 2013**

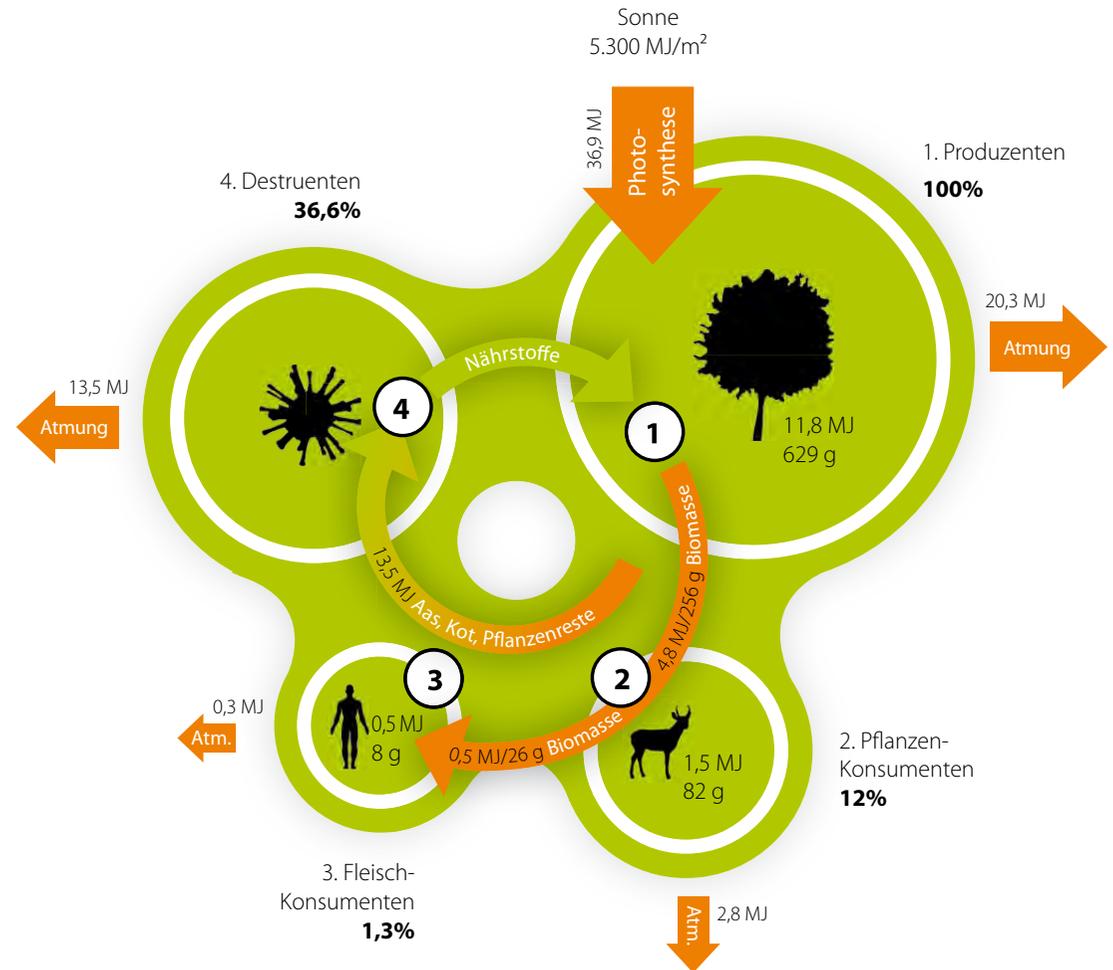
Der Human Development Index IHDI der Vereinten Nationen misst Lebenserwartung, Bildung, Einkommen, soziale Verteilungsgerechtigkeit und weitere Faktoren.

Abbildung rechts:

Im biologischen System wird Biomasse durch Sonnenenergie in einem Kreislauf (1-4) bewegt. Dabei ist sie Baustoff und Energiespeicher zugleich.

Photosynthese bindet unter Nutzung von 0,3% der globalen Sonnenstrahlung (im Mittel 1470 kWh/m² bzw. 5300 MJ/m²) Kohlenstoff in Biomasse (im Mittel 426 g Kohlenstoff in 885 g trockene Biomasse TM/m²) die nun 16,6 MJ Energie enthält. 30% davon (oder 4,8 MJ bzw. 256 g TM) versorgen hier Konsumenten (2, 3) und Destruenten (4). Bei jeder Umwandlung in einer „Trophieebene“ geht Energie verloren und wird Biomasse wieder zu einfachem Nährstoff.

1. Pflanzen (Produzenten) bilden aus einfallender Sonnenenergie und Nährstoffen 100 % Biomasse.
- 2., 3. Bei Pflanzen- und Fleischfressern (Konsumenten) kommen davon nach Umwandlung nur 13% bzw. 1,3% an. Der Rest geht in Stoffwechselforgängen verloren. Der Mensch ist hier stellvertretend als mehrheitlicher Fleischesser dargestellt.
4. Bakterien und Pilze (Destruenten) zerlegen die Reste zu Nährstoffen, die Pflanzen wieder in energiereiche Biomasse verwandeln.



	verw. Energie	Energieträger	Verluste		Aufbau		davon Verluste	
			Atmung, MJ	Biomasse, MJ	g TM	Fraß, MJ	g TM	
Sonne	5300	Sonnenstrahlung						
1. Produzenten	100%	36,9 pflanzliche Biomasse	20,3	11,8	629	4,8	256	
2. Pflanzen-Konsumenten	13%	4,8 tierische Biomasse	2,8	1,5	82	0,5	26	
3. Fleisch-Konsumenten	2%	0,5 tierische Biomasse	0,3	0,2	8	-	-	
4. Destruenten		13,5 Biomasse-Abfälle	13,5					

Produktivsystem Biologie

Biologie bezieht ihre Energie aus der Sonne. Entweder tut sie es durch pflanzliche Photosynthese (☛ Seite 59) (Produzenten) oder indirekt, indem Arten sich gegenseitig verspeisen (Konsumenten). Pilze und Bakterien (Destruenten) spalten die Reste auf und stellen sie den Pflanzen wieder zur Verfügung.

Trophieebenen

Im Trophieebenen-Modell werden alle Arten anhand ihrer Ernährungsgewohnheiten, dem Energiefluss folgend, in Ebenen zusammengefasst. Dabei verbraucht jede Ebene etwa zwei Drittel der verfügbaren Energie für ihre Atmung bzw. die Aufrechterhaltung des Metabolismus. Ein Drittel wandert in Energierücklagen oder den Aufbau des Körpers, wovon etwa 13% als Nahrung in die nächste Ebene gelangen. So können Fleischfresser (der Mensch ist hier stellvertretend als mehrheitlicher Fleischesser dargestellt) nur mehr 1,3% der ursprünglich eingefangenen Energie verwerten.

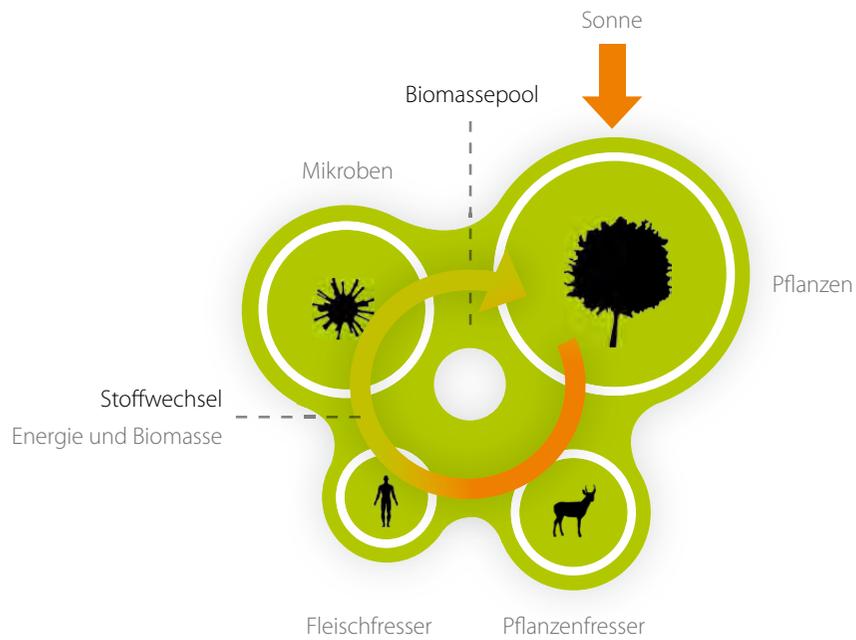
Die Pflanzenwelt dagegen versorgt sich nicht nur selbst mit (Sonnen-) Energie. Sie produziert auch gewaltige Überschüsse, mit denen sie die gesamte Tierwelt gleich der „Laus im Pelz“ mitversorgt. Trotz dieser asymmetrischen Aufgabenverteilung in puncto Energiebeschaffung haben sich zahlreiche ebenenübergreifende Symbiosen (☛ Seite 67) herausgebildet, bei denen einer ohne dem anderen nicht lebensfähig wäre.

Destruenten sind die unscheinbaren Letzten in der Nahrungskette und verwerten was keiner haben will oder findet: tote Biomasse (☛ Seite 57). Dabei ist in dieser über ein Drittel der gesamten in Umlauf befindlichen Energie gebunden.

Quellen:
[Mittlere globale absorbierte Strahlung, 5.300 MJ/m²a lt. ZAMG, 15.6.2015, Energiebilanz der Erde, www.zamg.ac.at].
[Wissenschaft Online, 20.12.2014, <http://www.wissenschaft-online.de/abolexikon/biok/3648,10.02.2014>]
[Wikipedia, 27.12.2014, Trophie, de.wikipedia.org/wiki/Trophie, 21.3.2014]
[Wikipedia, 24.5.2015, Globalstrahlung, de.wikipedia.org/wiki/Globalstrahlung, 14.5.2014]
[Wikipedia, 30.9.2015, Biomasseproduktion, en.wikipedia.org/wiki/Primary_production, 24.9.2015]
[Energiefluss, 24.10.2014, www.cosmiq.de/qa/show/1758829/Was-ist-der-Energiefluss-in-einem-Oekosystem/, 20.3.2009]

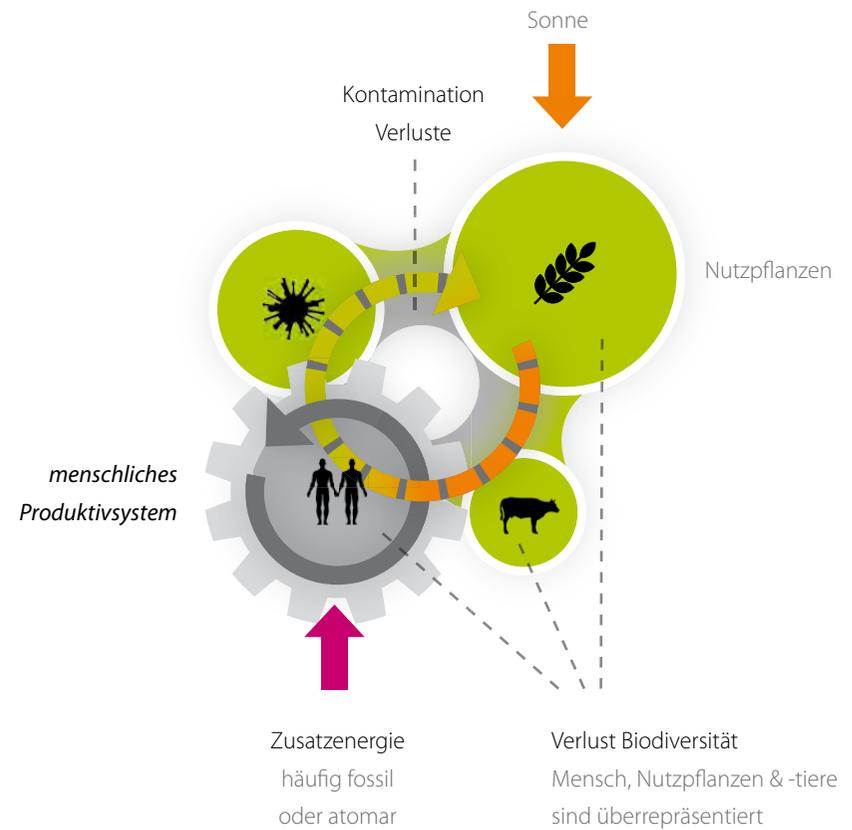
Natürliches Produktivsystem Biologie

Verschränkte Produktion mit geschlossenem Stoffkreislauf in biologischen Trophieebenen.



Konkurrierende Produktivsysteme

Einander störende Produktionen. Schwächung der biologischen Ebenen.



Verschänkte Produktivsysteme

Die beobachtbaren negativen Auswirkungen des menschlichen Produktivsystems aus Industrie und Landwirtschaft machen eine Diskussion über eine langfristige Neuausrichtung notwendig. Ein neues Entwicklungsziel könnte ein zu definierender periodischer Biodiversitätszuwachs sein, der auch zu nachhaltig mehr Leistung führt. Ein möglicher Ansatz wäre, die Konkurrenz unseres produzierenden Systems zur Biologie aufzulösen und diese als Leitsystem zu betrachten.

Dieser Sichtweise folgend wäre es sinnvoll, ein uns mit Produkten und Leistungen versorgendes System auch technologisch dem biologischen weitgehend nachzubilden und nur einen kleinen Rest der heute stattfindenden anorganischen Produktion in einem gekapselten Umfeld weiter existieren zu lassen.

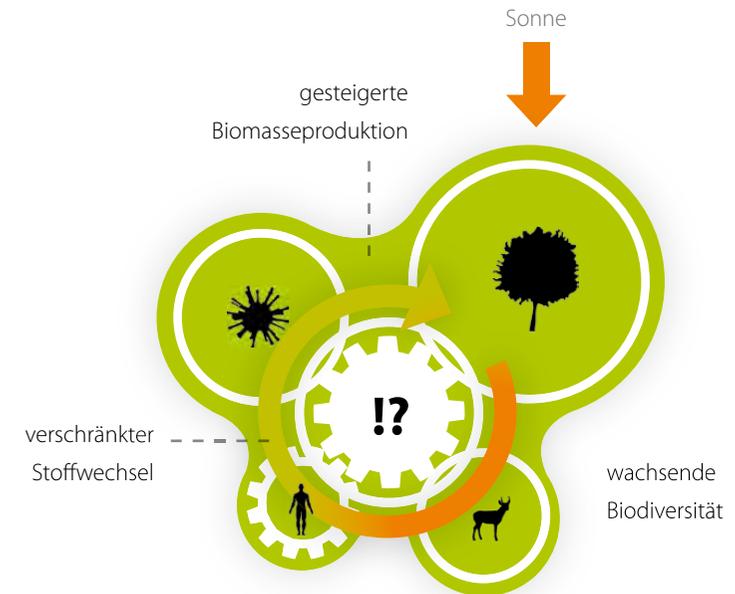
Der dominierende Teil sollte einen zu 100% biologisch kompatiblen Stoffwechsel haben, ausschließlich mit lokalen Ressourcen arbeiten, ohne Bodenzerstörung funktionieren und hochgradig automatisiert fair verteilt wertschöpfen. Und das könnte die Biologie selbst sein, die wir steuernd für unseren Bedarf einsetzen. Diese Möglichkeiten eröffnen uns die technische und die synthetische Biologie tatsächlich (Bioökonomie, Seite 39).

Die Sichtweise auf eine derart zunutze gemachte Biologie ist zunächst komplett neu und gegensätzlich zu gewohnten Weltbildern, auf die wir geeicht wurden. Dazu kommt der Umstand, dass eben weil wir heute so viel Natur zerstören, wir verstärkt konservierende Absichten hegen und uns daher Einflussnahmen auf natürliche Biologie verbitten. Dabei ist Biologie dem Wesen nach ein sich permanent veränderndes System.

Auf Konzeptebene könnte ein hinzugefügtes, menschgesteuertes, biologisches Produktivsystem räumlich mit dem natürlich-biologischen verschänkt produzieren, während es auf Ebene der biologischen Arten voneinander getrennt bliebe. Ein abgestimmter Stoffwechsel könnte die Erträge beider Systeme erhöhen und letztlich mehr Biodiversität auf ein und derselben Fläche zulassen. Die Evolution sorgte auch bisher für permanente Leistungssteigerungen. Für die neu erhaltenen biologischen Leistungen könnten wir im Gegenzug leicht auf den Großteil des abiotischen Produktivsystems verzichten. Fabriken und Wohngebäude würden in etwas völlig Neues transformiert.

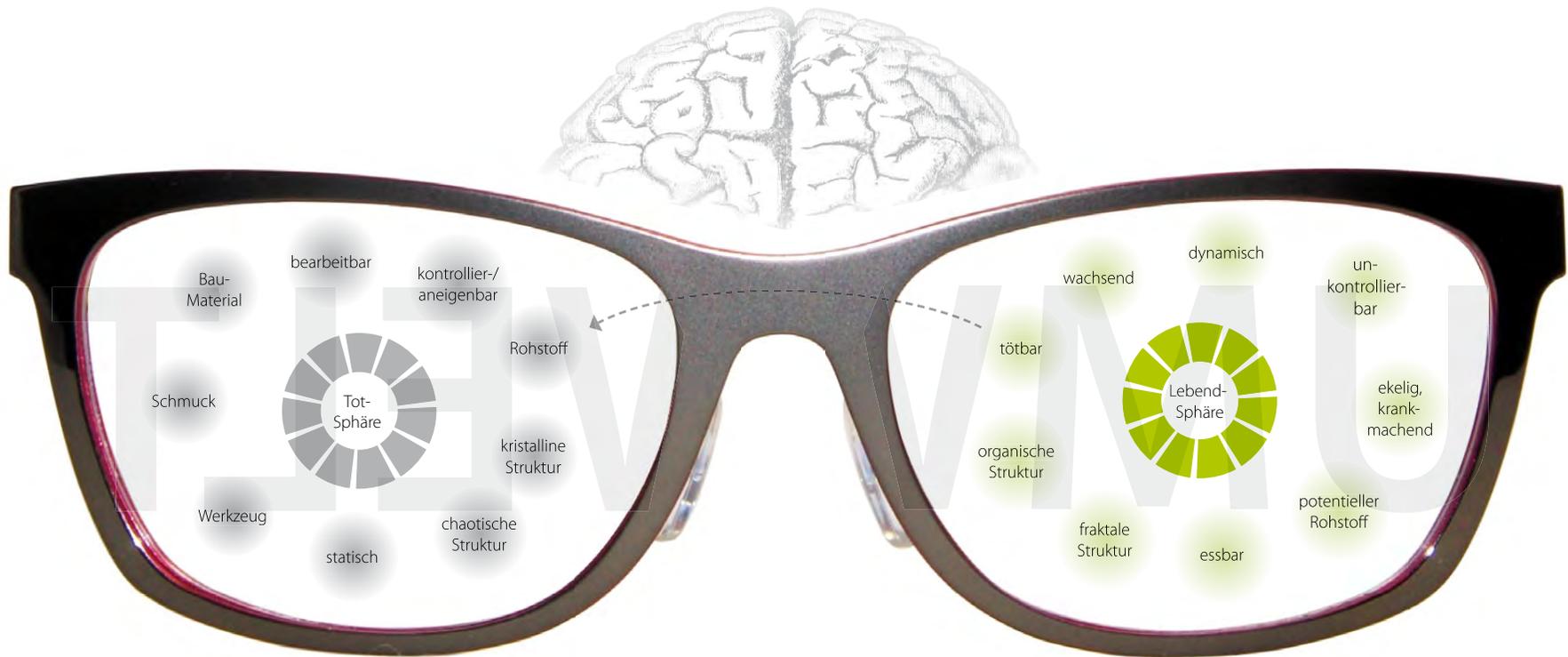
Integrierte Produktivsysteme

Aufhebung der Gegensätze.
Neugestaltung der produktiven Ebenen
auf biologischer Basis.





2. NATUR & WIR



Annahme:
Wir Menschen besitzen höchst effektive und wirksame, aber auch kaum abschaltbare Wahrnehmungs-Tools, die auf das Überleben in wilder Natur ausgelegt waren und bis heute aktiv sind. Ein „Tot-oder-lebendig“-Unterscheidungsmechanismus informiert über Gefahren & Potentiale. Das Schönheitsempfinden als intuitiv ausgeführte Struktur- und Proportionsanalyse bewertet komplexe Nützlichkeitspotentiale.

Mensch & Technik

Ein zentraler Erfolgsfaktor der Menschheitsgeschichte, der zur heutigen menschlichen Dominanz maßgeblich beitrug, ist die Fähigkeit Werkzeug herzustellen. **Der vorteilbringende Einsatz von Werkzeug ist stark und positiv in uns verankert.** Wir beginnen im Kindesalter unsere Umwelt auf ihre Eigenschaften wie Geschmack, Festigkeit, Zusammensetzung und Wirkungen hin zu untersuchen und beginnen auch früh, uns möglicherweise nützliche Dinge anzueigenen. Die im Laufe eines Menschenlebens gewonnene Erfahrung über „Dinge“, multipliziert mit Generationen menschlicher Kulturgeschichte, erzeugte eine unglaubliche Menge an Wissen und Werkzeugen, **deren Auswirkungen heute unseren Planeten überformen.**

Vergleicht man die menschliche Kultur mit menschlicher Physis samt Psyche ist festzustellen, dass sich erstere explosiv entwickelte, während letztere noch immer auf fast prähistorischem Niveau steht. Die Rasananz, mit der sich diese Schere öffnete, ist uns dennoch wenig bewusst. „Himmel“ und „Auto“ werden als gleichberechtigte Erscheinungen in das Bild von normaler Umwelt eines Heranwachsenden integriert. Während die Vorteile von „Auto“ ausgiebig erfahren werden, ist älteres Kulturwissen z.B. von städtischen Straßen, die als Kinderspielraum dienen können, schon wieder verloren. Es sind

stets die neuen „Normalitäten“, die unseren Blick für neue Möglichkeiten prägen. Demgegenüber lebte der Mensch 99,6 % seiner 2,5 Mio. Jahre andauernden Stammes- und Kulturgeschichte ausschließlich als Jäger und Sammler in überschaubaren Sozialverbänden. Ist es da nicht plausibel, dass nicht nur Physiognomie und soziale Verhaltensgrundmuster unverändert blieben, sondern auch genauso überlebenswichtige Wahrnehmungsmechanismen?

„Lebend-Sphäre“

Meiner Ansicht nach spielt eine Art menschliche Wahrnehmungs-Brille für die Technik-Kultur-Entwicklung eine wesentliche Rolle. Der frühe Mensch befand sich permanent in direkter Nachbarschaft zu und in einer von Biologie geprägten Umwelt. **Diese „Sphäre des Lebenden“ ist dynamisch, schwer kontrollierbar, voller Angebote, aber auch extrem riskant, voller Fressfeinde, Gifte und krankheitserregendem „Ungeziefer“.** Wir mussten permanent zwischen Gefährlichem, Nahrung, möglicherweise Nützlichem und Sonstigem unterscheiden, wonach Dinge vor allem in „tot“ oder „lebendig“ einzuteilen sind. Die „Brille“ erkennt potentiell Lebendiges an seiner Dynamik, runden geschwungenen Formen und rekursiven Mustern. Diese Mustererkennung ist auch noch heute in uns höchst aktiv.

„Tot-Sphäre“

Demgegenüber verbindet das Nichtlebendige die wesentliche Eigenschaft, sich stets gemäß den Naturgesetzen zu verhalten, was es vorhersehbar und ungefährlich macht. In dieser Hinsicht ist nicht relevant, ob es sich um Material biologischen oder nichtbiologischen Ursprungs handelt. Wesentlich ist, dass sich totes Holz besser zum Hausbau eignet als ein lebendiger Baum. Dabei nähme ein lebendiger Baum an Festigkeit zu, könnte sich regenerieren, sommerlichen Schatten und sogar Nahrung spenden. Wir tragen totes Fell. Dabei würde ein lebender Fuchs Wärme produzieren und sich selbst reinigen. Aber instinktiv *wissen* wir: **Lebendes muss in die Tot-Sphäre überführt werden bevor wir mit ihm weiter verfahren können. Erst dann kann es Werkzeug oder Werkstoff sein.**

Verteidigung der Grenze

Derart gewonnenes biologisches Totmaterial ist jedoch auch attraktiv für andere Arten. Um eine „Wiederbelebung“ durch Fäulnisbakterien, Pilze und andere für uns mehrheitlich schädliche Organismen zu verhindern, müssen organische Materialien abiotisiert, also zur Verstoffwechslung durch vitale Biologie unbrauchbar gemacht werden, womit sie dem Stoffkreislauf des Lebendigen entrissen sind. Heute bilden tote, biologisch problematische und biologisch

problematisch produzierte Stoffe, die über problematisch lange Strecken zu uns gelangen, unsere bevorzugte Lebensumgebung. **Die erfolgreiche Emanzipation von der Biologie mündet schließlich in ihrer Gefährdung.**

Abbildung
Moderne Brille [8.5.2015, www.brille-im-internet.demediacatalogproductjoop_83165-849_front_1_2.png]

Quelle:
[zeitgeist-online.de, 13.5.2015, Rolf W. Meyer, <https://zeitgeist-online.de/exklusivonline/fachartikel/888-die-steinzeit-war-erst-vorgestern-warum-uns-die-moderne-Zivilisation-zu-schaffen-macht.html>, 21.5.2012]

Der Wunsch nach Reinlichkeit und Kontrolle bestimmt Materialien, Formen und Anordnungen von Wohnflächen und Gegenständen.

Helle, glatte Oberflächen werden schnell als sauber erkannt.

Erhöhtes Sitzen und Essen fern der schmutzigen Bodenzone

Biologische Accessoires scharf begrenzt

Chemikalien entfernen verdächtige Ansammlungen und Färbungen am besten.

Organisches ist schön, Totes pflegeleichter.

Zeremonie Essen: zahllose Gegenstände und Vorschriften gelten der Hygiene.

Über-Kopf-Zone
Hygieneaktionen in großen Intervallen

Neben- und Hauptfunktionszonen
laufende Hygieneaktionen

Bodenzone
regelmäßige Schwerpunkttaktionen



„Weißware“ hält den modernen Haushalt sauber und in Schwung. Geräte wie diese sind unserem heutigen Technikverständnis entsprechende Antworten auf eine stark von Hygienebedürfnis geprägte Wohnkultur. Chemisch, physikalisch und kalorisch werden Stäube, Mikroben und Ungeziefer mit viel Gerät und Energie in Schach gehalten und dann zusammen mit biologisch Verwertbarem „weggespült“.

Reinlichkeit

„Kein Tier ist sauber. Alle sondern Fäkalien und anderes bakteriell belastetes Material ab. Manche ernähren sich dazu parasitisch von uns, übertragen Krankheiten oder wollen sich an unseren Nahrungsvorräten vergehen. Die Pflanzenwelt gibt ihnen Unterschlupf und schmutzt selbst permanent. Ständig setzen Pflanzen an, um Gebautes zu „überwuchern“. So oder so ähnlich berät uns häufig unser Instinkt und meint damit: Biologie muss man im Auge behalten. Aus der ferne hübsch anzusehen, aber ein lästiger Nachbar. So sind Schutz vor und Verbundenheit mit Natur ein seit jeher in uns existentes Spannungsfeld, das unsere Siedlungs-, Bau- und Wohnkultur prägt.

Repräsentation

Auch in moderner minimalistischer Architektur wird bezwungene Biologie gefeiert. Die Reduktion auf wenige Ebenen und deren Schnittgeraden rechtfertigt sich zwar modernistisch funktionalistisch und sogar ökologisch, indem auf sparsamen Materialeinsatz verwiesen wird, ihre Umsetzung im Detail ist jedoch meist produktiv höchst aufwändig und selten technisch geboten. Hervorstechendes Merkmal ist die gute Lesbarkeit des Raums mit einer komponierten Sammlung aus sterilen und sterilisierten Materialien. Der schnelle Überblick und das Erkennen von Reinheit werden mit Entspannung belohnt. Da Reinlichkeit auch mit Gesundheit assoziiert wird, wird der

überschaubare Ort nicht nur sicherer, sondern auch lebenswerter. Gleichzeitig wird die Potenz, diesen sauberen Zustand aufrecht erhalten zu können, repräsentativ genutzt. Der Mangel an biologischen Wahrnehmungsreizen kommt schließlich im Wunsch nach Anbindung an den Außenraum zum Ausdruck. Daher öffnet sich der Raum der obersten Leistungsgruppe durch Beiseiteschieben von Glaswänden entspannt und barrierefrei dem wilden Außenraum und bewahrt sich dabei seine Reinlichkeit wie von selbst.

Biologie-Demarkation

Auch wenn wir heute wissen, dass zuviel Hygiene beispielsweise Allergien auslöst, weil unser Immunsystem auf regelmäßigen „Feindkontakt“ ausgelegt ist, bestimmt noch immer kulturell erlernte Abgrenzung zur Biologie unsere Lebensräume. Sie sind voll von solchen Barrieren. Die Strategien sind verhaltenstechnischer, geometrisch-räumlicher, chemisch-stofflicher, mechanischer und thermischer Natur. Haushalte entwickeln individuelle Reinlichkeits-Zonierungen und -Strategien. Zum Beispiel:

„Siedlungsgrenze“

- Bodenversiegelung
- Streng kontrollierte Restfauna und -flora mit Ausnahmeregelungen für Parks
- Reinigung mittels Wasser über Kanäle

„Wohnraumgrenze“

- Eingangszone mit Kleidungswechselflicht
- Kontrollierter Personen-, Material- und Luftwechsel über Tür- und Fensterschleusen
- Ausnahmeregelungen für Haustiere

„Über-Kopf-Zone“

- Flächen wie Raumdecke, Wände und Räume mit seltener Nutzung und geringer Schmutzentwicklung werden sporadisch chemisch und mechanisch gereinigt.

Nebenfunktions-Zone

- alle Funktions- und Ablageflächen von Sitz-, Tisch- und Kastenmöbeln
- selten direkter oder häufig indirekter (Kleidung) Körperkontakt
- meist mit entsprechenden reinhaltenden Nutzungsvorschriften versehen
- regelmäßige chem. und mech. Reinigung

Hauptfunktions-Zone

- Oberflächen wie Küchenflächen, Esstisch, Waschbecken, Toilette und Betten mit zahlreichen Nutzungsvorschriften
- mit regelmäßigem direktem Körper- und Speisenskontakt und starker Schmutzentwicklung
- laufende chem. und mech. Reinigung

Bodenzone

- periodische chem. und mech. Reinigung

Verlustreicher Kampf

Zu den Betriebsmitteln, die wir für mehr Reinheit einsetzen, gehören neben Wasser auch Chlor, Tenside, Säuren, Basen und div. antibakterielle Substanzen. Weiters gibt es eine hohe Anzahl spezieller Reinigungsmaschinen. Rechnet man noch die Maßnahmen für Körperhygiene (Baden, Duschen, WC) und Nahrungshygiene (Verpackungen, Erhitzen, Kühlen) hinzu, bilanziert unser Wohnbetrieb aufwändig und umweltschädlich. Biologisch verwertbarer Output, Speise- und Verdauungsreste, reich an Stickstoff, Phosphor und Kalium, landet chemisch verunreinigt im Kanal.

Was wäre, wenn ...

... Raumboflächen oder auch unser Körper durch von uns hergestellte Mikroorganismen plötzlich von selbst rein blieben? Wie viele spezielle Räume, Möbel, Geräte und Arbeiten würden sich verändern oder gar obsolet werden?

Bilder:
[17.12.2014, Wohnraum: grabbaggraphics.com/wp-content/uploads/2015/04/Happy-Housewife-Stock-02.jpg; Waschmaschine: img.notebooksbilliger.de/images/products/180000/189433/Beko_WML-61633EU_01.jpg; Waschbecken: www.wohnenundco.de/WebRoot/Store/Shops/15431512/4F13/FD9D; WC: ecx.images-amazon.com/images/I/71AR%2BcWpBSL_SL1500_.jpg]

Biologische Lösungen

Eine Besonderheit biologischen Designs ist seine Universalität. Während ein menschlicher Körper denken, sprechen, laufen, klettern, tanzen, jagen, essen und zahllose andere Dinge tun kann, sind von uns hergestellte Produkte meist nur auf eine Aufgabe spezialisiert. Dennoch liegen sie aufgrund ihrer Einseitigkeit meist untätig herum. In der früheren Agrargesellschaft kam der Mensch mit etwa 300 Gegenständen aus. Heute besitzt jeder Durchschnittsösterreicher vom Zahnstocher bis bis zum Staubsauger rund 10.000 Haushaltsdinge.

Naheliegende Lösung

Am Beispiel von Hygiene lässt sich exemplarisch darstellen wie instinktive Bedürfnisse (Schutz vor Erkrankung und Vergiftungen, Ekel vor Gerüchen, Schleim, Ungeziefer, usw.) durch Produkte bedient und durch Kulturverhalten hochgehalten werden. Eine lange Reihe von Geräten und Einrichtungen werden benötigt, um den instinktiv als sinnvoll erachteten Schutz vor biologischen Feinden (Viren, Bakterien, Parasiten, Insekten, Nagern, usw.) nachzukommen. Hinter diese reiht sich eine vermutlich ebensolange Liste an Dingen, die gebraucht werden, um diesen Schutz herzustellen, usw. Die Größe des letztlich benötigten Industriearrangs richtet sich nicht nur nach der Anzahl unterschiedlich herzustellender Produkte, sondern auch nach der

Herstellkomplexität betreffend der verarbeiteten Stoffe und Produktionsverfahren, die laufend zunimmt. Abfedernd wirkt vielleicht eine fortschreitende Standardisierung und Modularisierung.

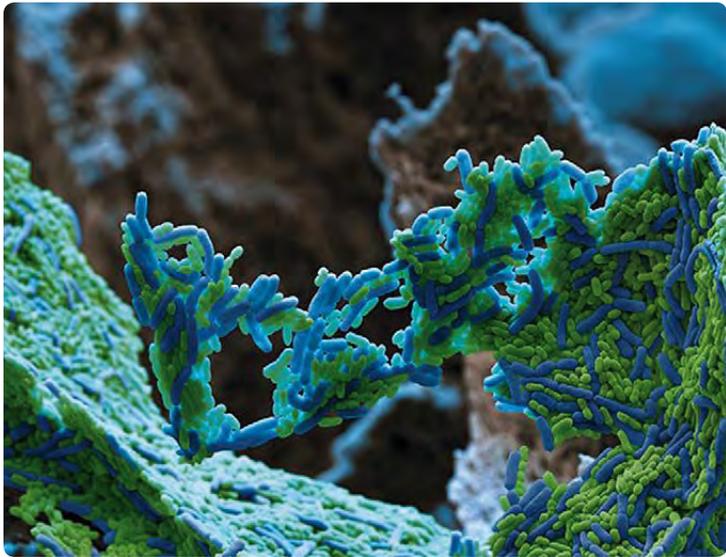
Mögliche biologische Lösungen

Betrachtet man das Problem mit der schwer aufrecht zu erhaltenden Reinlichkeit genauer, fällt zunächst auf, dass uns hier primär Bakterien zu schaffen machen. Unerwünschte Gerüche und Karies sind das Ergebnis von deren unerwünschtem Stoffwechsel. Unsere Hautschuppen und -fette sind deren ideales Futter. Was wir brauchen sind „andere“ Bakterien. Solche die Zähne schützen und dabei Minzgeruch absondern, solche die Schweiß in Düfte umwandeln, uns reinigen und pflegen und vielleicht sogar anzeigen können, wenn der pH-Wert der Haut nicht stimmt. Einige Bakterienart könnten vieles verändern.



Ansicht eines noch immer typischen Bads samt Toilette (Villa Tugendhat).
Und hier die Liste aller benötigter Hygieneartikel:

- Aftershave
- Armaturenlicht
- Badeschwamm
- Badewanne
- Badreiniger
- BW-Armaturen
- Badez.-Licht
- Badez.-Teppich
- Badeszusätze
- Bimsstein
- Deodorant
- Duschgel
- Duschvorhang und
- Vorhangstange
- Fliesenreiniger
- Fön
- Haarbürste
- Haarschere
- Handspiegel
- Handtuch
- HT-Halter
- Hautcreme
- Heizkörper
- Hygienartikelablage
- Kamm
- Kanalanschluss
- Kloppapier
- Klobürste
- Klomuschel und -brille
- Kloreiniger
- Klopspülung
- Lüftung
- Mistkübel
- Munddusche
- Nagelschere
- Ohrputzstäbch.
- Pinzette
- Putzfetzen
- Rasierer
- Rasierschaum
- Seife
- Shampoo
- Spiegel
- Steckdosen
- Verfließung
- Waschbecken
- WB-Armaturen
- Watte pads
- Zahnbürste
- Zahnpasta
- Zahnputzbecher
- Zahnseide



Wieviel würde die einmalige Erschaffung eines Bakteriums kosten, das die Menschheit von Karies befreit? Zuviel? Was wären die Folgen? Das Bild zeigt modifizierte, abgetötete Lactobacillus-Bakterien (in Blau) die Karies-Streptococcus-mutans-Bakterien (in Grün) verklumpen und sie so unschädlich machen. Patentiert, aber nicht am Markt.

BASF und Organobalance unternahmen schon Versuche in diese Richtung und bauten aus Rezeptoren von Milchsäurebakterien ein Mittel, das das Kariesbakterium Streptococcus mutans bindet und so unschädlich macht. Zufall, dass hier eine Lösung präsentiert wurde, bei der ausschließlich totes Bakterienmaterial zum Einsatz kam? Gäbe es eine lebendige Lösung, wären ganze Wertschöpfungsketten mit unzähligen Arbeitsplätzen im Nu zerstört. Eine solche Lösung kann die Industrie daher per Eigenauftrag niemals liefern.

Auf den Zusammenhang zwischen notwendigen „Nichteigenschaften“ von am Markt befindlichen Produkten und einer Industrie, deren Daseinszweck es ist, immer mehr benötigt zu werden, weist Annie Leonard mit ihrem Buch und ihrem Video „The Story of Stuff“ auf leicht verständliche Art und Weise hin. **Die Industrie wird von selbst keine Produkte liefern, die uns eine selbstbestimmte Zukunft ermöglichen, da sie sich dadurch selbst abschaffen würde.**



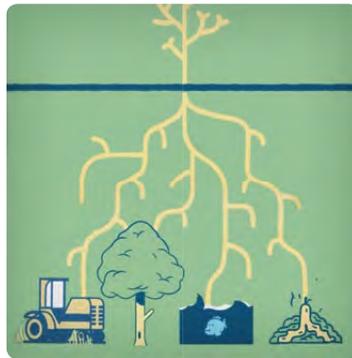
Annie Leonards Kritik an auf industrieller Produktion basierender Ökonomie: „The Story of Stuff“

Link zum Movie „The Story of Stuff“ von Annie Leonard, 7.9.2015, <https://www.youtube.com/watch?v=UCQLgACc6fQ>, 9.3.2011



Bilder:
 Bad [7.9.2015, [#">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Villa_Tugendhat_-_Badezimmer.JPG">#](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Villa_Tugendhat_-_Badezimmer.JPG)]
 Bakterien [7.9.2015, <https://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/root,did=96260.html>]

Quellen:
 [die Zeit, 7.9.2015, Nr 25/1995, „Die Dinge des Lebens“, Uta Kruse, 16.6.1995]
 [APA-Net Science Week, 7.9.2015, Wieviele Dinge braucht der Mensch, 15.5.1996]
 [Story of Stuff, 7.9.2015, <https://www.youtube.com/watch?v=UCQLgACc6fQ>, 9.3.2011]
 Antikaries-Bakterien [10.10.2014, www.organobalance.de/Berichte/P190-d_BASF_bekaempft_Karieserreger_mit_Milchs_01.pdf, 1.9.2009]



Ein Comicvideo der europäischen Kommission erklärt in 2 Minuten was sich hinter dem Begriff der neuen Bioökonomie verbirgt. Der Titel „Bioeconomy starts here“ verkündet das Motto: „Jeder soll sich Gedanken zur Umwelt machen und über neue Produkte aus biologischer Produktion nachdenken.“

Bioökonomie

Die EU widmet ihr bisher größtes Forschungsprogramm „Horizon 2020“ unter anderem dem Ansatz einer auf ökologischen Grundlagen basierenden Ökonomie. „Europe needs to make the transition to a post-petroleum economy. Greater use of renewable resources is no longer just an option, it is a necessity. We must drive the transition from a fossil-based to a bio-based society with research and innovation as the motor.“ Die prioritär behandelten Forschungsgebiete und -ziele sind:

1. Land- & Forstwirtschaft

- Höhere Produktivität bei Gewinnung natürlicher Rohstoffe
- Nachhaltige Bewirtschaftung
- Aufwertung ländlicher Gegenden

2. Nahrung

- Gesundere leistbare Lebensmittel
- Einsparung von Verpackung

3. Ressource Meer

- Bessere Bewirtschaftung der Meere
- Schutz der Meere

4. Biobasierte Industrie

- Produkte und Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zur Einsparung fossiler Rohstoffe

5. Biotechnologie

- ist Kosten- und forschungsintensive Schlüsseltechnologie (Wettbewerbsfaktor)
- Verfahren zur Erreichung oben genannter Ziele

Die europäische Politik identifiziert dabei Biotechnologie als Schlüsseltechnologie, die eine ökologisch geprägte Wirtschaft überhaupt erst ermöglichen wird. Dass Biotechnologie künftig Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten auf den Kopf stellen könnte, wird vage angedeutet. Kurz- und mittelfristig sollen in bekannter Manier vor allem Pharma-, Nahrungs-, und Futtermittelindustrie profitieren. Hier ist der bereits bei 12–20% liegende Anteil am Gesamtmarkt der „biochemischen“ Industrie hervorzuheben. Jener von Biopharmaka liegt bei neuen Arzneien sogar bereits bei 50%.

Die Notwendigkeit dieser öffentlichen Unterstützung für Grundlagenforschungen wird ebenso betont, wie der Wunsch, gewonnene Erkenntnisse durch Public-Private-Partnerships rasch zur Anwendung zu bringen. Offen bleibt an dieser Stelle an wen bisher geleistete Fördermittel (45 Millionen € für Bioökonomie 2014, 138 und 100 Mio. € für „Sustainable Food Security“ und „Blue Growth“, die beide bioökonomische Spezialbereiche abdecken) verteilt wurden und welche Firmen von den Ergebnissen profitieren werden.

Deutschland

Das deutsche Bundeskabinett beschloss 2013 eine in die „Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ eingebettete „Politikstrategie

Bioökonomie“, in der nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie genannt werden. Betont wird die Wichtigkeit rasch vorzeigbarer Anwendungen wie z.B. Biokunststoffe für Flaschen und Motorabdeckungen oder aus Milch hergestellte Fasern für Kleidung. Pflanzen, Pflanzenzüchtungen und die Landwirtschaft als Rohstofflieferanten werden als Basis des anstehenden Wandels genannt.

Österreich

Auch in Österreich beschäftigen sich unter anderem BMFW (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft), ÖVAF (Österreichische Vereinigung für Agrar-, Lebens- und Umweltwissenschaftliche Forschung), BoKu (Universität für Bodenkultur) und die Plattform BIOS Science Austria mit der Erforschung des bioökonomischen und biotechnologischen Ansatzes.

Kritik

Anita Krätzer und Franz-Theo Gottwald beschreiben die genannten Forschungsprogramme in ihrem Buch „Irrweg Bioökonomie“ als „Weichenstellungen zur Inbesitznahme des Lebendigen durch die Industrie“.

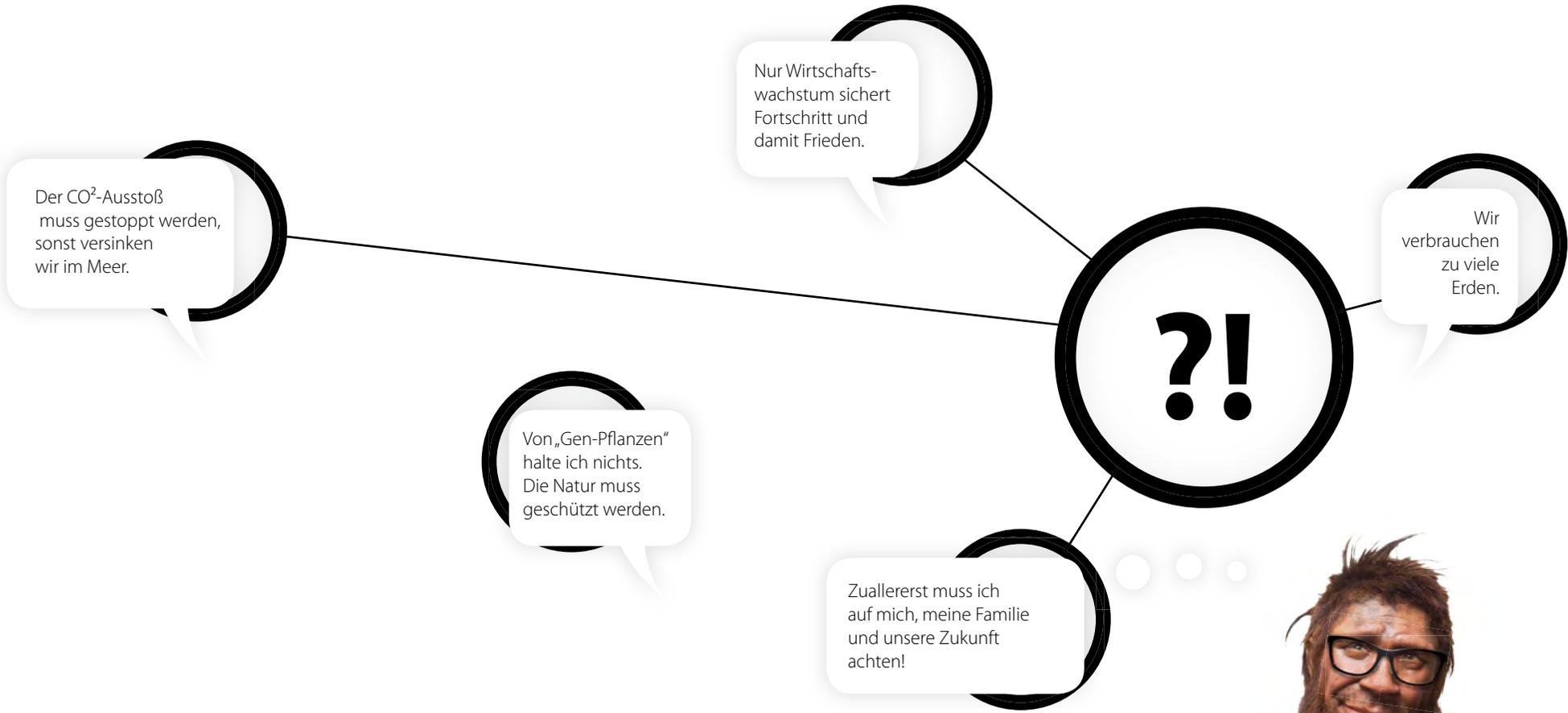


Das Video „Bioeconomy starts here“ der Europäischen Kommission stellt die Idee einer ökologisch basierten Ökonomie vor

[Link „Bioeconomy starts here“ der Europäischen Kommission, 30.8.2015, <https://youtu.be/2xvXkOMRTs4>]



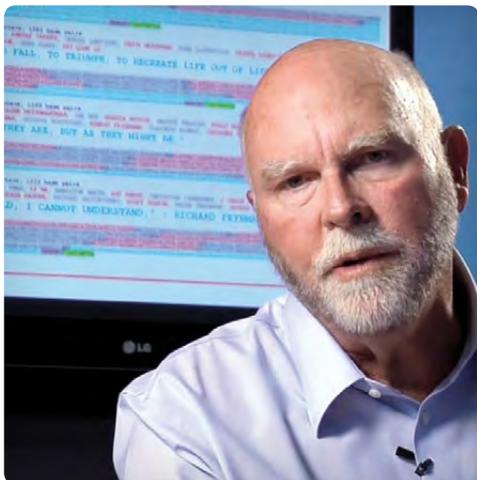
[Europäische Kommission, 7.9.2015, ec.europa.eu/research/bioeconomy] [Pflanzenforschung.de, 7.9.2015, <http://www.pflanzenforschung.de/de/journal/journalbeitraege/sind-wir-auf-dem-Weg-zu-einer-biobasierten-Wirtschaft-p-10080,18.7.2013>]



3. NEUE TECHNOLOGIE

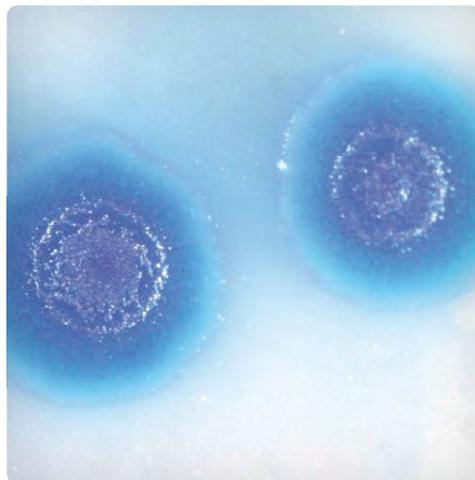
Craig Venter Superstar

Ikone und Hauptdarsteller in der Szene der Synthetischen Biologie. Er war da, als das Menschengenom entschlüsselt wurde und als die erste Kreatur mit Erbgut aus dem DNA-Drucker das Licht der Welt erblickte. Aktuell basteln er und andere an Bakterien, die Kohlendioxid, Licht und Wasser in tankfertigen Sprit verwandeln. „Life from Scratch“ ist das erklärte Ziel.



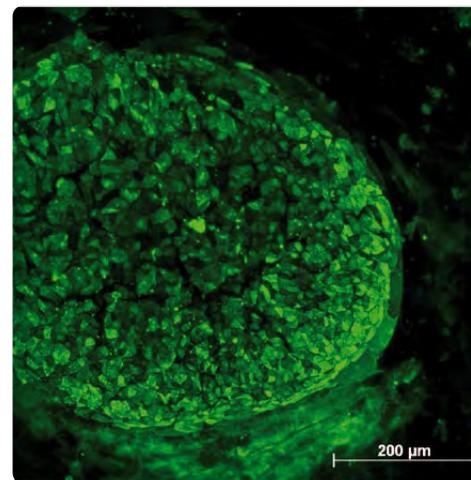
Leben aus dem Drucker

2010 gelang es Craig Venter und KollegInnen das Genom des Bakteriums *Mycoplasma mycoides* mit der Länge von einer Million Basenpaaren künstlich herzustellen und anschließend in die Hülle eines verwandten Bakteriums einzuschleusen. Es lebte! Diese neue Lebensform, aus zwei natürlichen entstanden, wird als Zwischenschritt zur Schaffung künstlichen Lebens gewertet.



Stammzellen am Start

Die Reprogrammierung von Zellen zu Stammzellen spielt eine wichtige Rolle für künftige medizinische Behandlungsmethoden. Hier spielen vertieftes Gen-Verständnis und die neuen Gene-Editing-Funktionen eine wichtige Rolle. Die „Cutter“-Funktion ist bereits hoch ausgereift. Die Effizienz bei der Stammzellengewinnung nahm in wenigen Jahren um 1000% zu.



Bio-Engineering

Was aussieht wie eine Quale ist eine künstliche Silikonstruktur, der entlang festgelegter Bahnen Rattenherz-Muskelzellen aufgeimpft wurden. Elektroschocks setzen sie in Aktion, wonach sie sich selbstständig weiterbewegt. Die genaue Anordnung der Zellen, ihre wellenartigen Bewegungen und die Silikonform brachten die Konstruktion zum aktiven Schwimmen.



Biotechnologie

Noch ist der Begriff mehrheitlich nur ExpertInnen bekannt. Er könnte aber bald zum Schlagwort werden, das Hoffnungen und Ängste weckt. Dieses Fachgebiet gilt zusammen mit der Synthetischen Biologie als eines der modernsten überhaupt. Es besitzt Schnittstellen zur Molekularbiologie, organischen Chemie, Ingenieurwissenschaften, Nanobiotechnologie und Informationstechnik. **Ziel ist es, neue biologische Systeme und Organismen zu entwickeln.**

Auf der Leit-Fachtagung für Synthetische Biologie SB 4.0 im Jahr 2008 formulierte Craig Venter, seit der Entschlüsselung des Menschengenoms Star der Szene, das Ziel seiner Branche als „Life from scratch“. Ingenieurtechnische Methoden sollen das Designen jedweder künftig benötigter Organismen ermöglichen. Die Grundlagen liefern Systembiologen, die Organismen zerlegen und ihr Funktionssystem erforschen. Aus seinen Einzelteilen sollen Module definiert werden, die sich dann wieder zusammenbauen lassen. **Als Vorbild dient die IT-Branche und ihre Entwicklungsgeschichte:** von verstreuten Schmieden maßgeschneiderter Einzelcodes aufgestiegen zu globalen Anbietern mächtiger Software-Plattformen, die sich aus fertigen Bibliotheken bedienen. Die Biologen stehen jedoch erst am Anfang dieser Entwicklung oder sogar noch ein paar Schritte davor. Noch ist es nicht gelungen, auch nur die kleinste,

vollständig künstlich hergestellte Lebensform, wie ein einfaches Bakterium, zu erzeugen. Das Wissen nimmt rapide zu, aber zu viel ist noch unverstanden. Allein das einfache und gut erforschte Darmbakterium E. Coli verfügt über 4.300 Gene, von denen rund 90% ihre Funktion noch nicht offenbaren. Daher wird aktuell an einer Minimal-Zelle gearbeitet, wo der natürliche „Müll“ rausgeworfen wurde und nur das eingebaut werden soll, was wichtig und nötig ist. 200 bis 500 Gene sollten genügen wird aktuell angenommen. Die Fa. GeneArt konnte im Jahr 2010 bereits 3000 Gene pro Monat herstellen. In diesem Jahr gelang es Craig Venter derart hergestellte DNA einer Zelle einzusetzen und sie danach „zum Leben zu erwecken“. Sven Panke (ETH-Zürich, EU-Projektkoordinator) meint allerdings, dass noch mehr als zehn Jahre vergehen werden, bis der Mensch wirklich erstmals eigenkonstruiertes Leben erzeugen kann. Dann könnte allerdings sein, dass kein Stein mehr auf dem anderen bleibt bzw. kein Einzeller auf dem anderen.

Nächste Etappen

Jay Keasling gelang es mit E. Coli Anti-Malaria-Wirkstoffe aus Zucker herzustellen, indem er ihnen einen neuen Stoffwechsel beibrachte. Diesem Vorbild folgend sind heute zahlreiche Projekte damit befasst Medikamente, Treibstoffe oder Werkstoffe aus Bakterien herzustellen. Auch Craig Venter

bastelt an einer Supermikrobe, die aus Kohlendioxid, Wasser und Licht einen reinen Energieträger herstellen soll und kündigt schon Verschiebungen in der künftigen Industrielandschaft an. **Wenn er meint, „Biologie ersetzt demnächst die Erdölindustrie“ schmunzelt man gemeinsam darüber, aber es entspricht dem geltenden Ehrgeiz.** Die Forschung an kostenlosen Medikamenten und Bakterien, die Treibhausgase in Baustoffe verwandeln, geht weiter, immer die Natur außerhalb des Labors vor Augen, die beweist, dass es geht.

Methoden

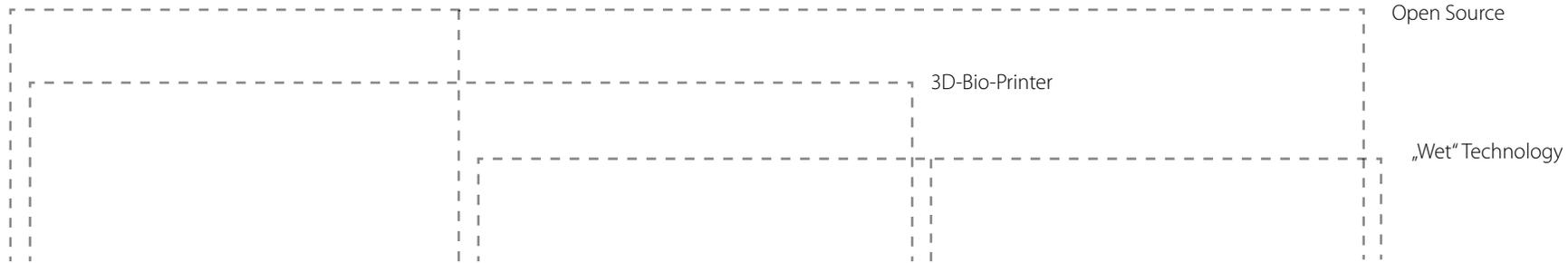
Mittlerweile gibt es ausgefeilte Methoden zur Bearbeitung von DNA, wie das Gene-Editing-Molekül CRISPR-Cas9. Dieses adaptierte bakterielle Abwehrenzym erkennt mittels angehängter Guide-RNAs eine angepeilte Stelle einer Ziel-DNA und trennt den gewünschten Abschnitt heraus. Im April 2015 versuchten chinesische Forscher mit dieser Methode 80 nicht lebensfähige In-Vitro-Embryos von einer schweren Bluterkrankheit zu kurieren. Es gelang in einigen Fällen. Allerdings ging auch viel schief. Die defekte DNA konnte zwar entfernt werden, aber die mitgelieferte DNA wurde nicht immer korrekt eingebaut. Das Genom reparierte sich auf unvorhergesehene Weise selbst, was unerwünschte Mutationen hervorrief. Somit hält Gene-Editing noch nicht, was es verspricht, besitzt aber immerhin den ersten von mindestens

zwei benötigten Mechanismen, um DNA künftig beliebig umzuschreiben.

Entwicklungstempo

1970 konnte Nobelpreisträger Har Gobind Khorana ein Gen aus bis zu 77 Basenpaaren bauen. Heute kann man Basenpaare ab € 0,40 online bestellen und bekommt ganze Gene binnen weniger Wochen zugestellt. Ein anderer Indikator für das Fortschrittstempo könnte die Ausbeute bei der Gewinnung induzierter, pluripotenter Stammzellen sein. Hierbei müssen vier Reprogrammierungsfaktoren in den Zellkern verfrachtet und nach getaner Arbeit wieder herausgeholt werden. Aufgrund der unterschiedlichen angewandten Methoden lag die Ausbeute 2004 noch bei 0,001%, zehn Jahre später 2014 bei 1%. MIT-Forscher Drew Endy, führender Kopf auf dem Gebiet, nennt hier zwei Jahreszahlen: **„Die synthetisch Biologie ist in einem Stadium, in dem sich der klassische Maschinenbau vor 150 Jahren oder die moderne Halbleiterelektronik vor 30 Jahren befand,** als man anfing, Bauteile zu standardisieren.“ Und stellt man Pankes Aussage, wonach vollständig eigenkonstruiertes Leben vielleicht erst in 20 Jahren möglich wäre, in Relation zur Evolutionsgeschichte, dann fällt auf, dass hier zwei Drittel der Zeit für die Entwicklung des Einzelers anfiel. Die von Vielzellern bis zu den Dinosauriern ging relativ rasch vor sich.

3D, Open & Wet



DIY Fab-Lab

3D-Drucker könnten erstmals Produktionsprozesse dezentralisieren und sie in die Hände der Konsumenten verlagern. In Netzwerken und Fab-Labs werden neuartige Waren kollaborativ hergestellt, die monopolisierte Markenwelt demokratisiert. Wertschöpfung 2.0 oder „Renaissance des Do-it-Yourself“

DIY Mobile Gen-Lab

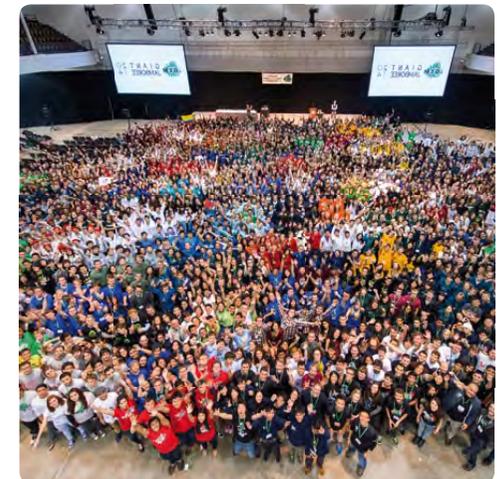
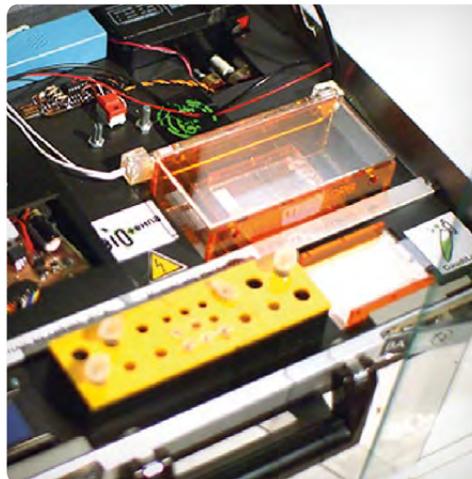
Das „Lab-in-a-Box“ von Hackteria.org ist die Zusammenstellung kostengünstiger Technologien, mit denen sich Bakterien- und Mikroorganismen-Forschung einfach betreiben lässt. Ein weltweites Netzwerk aus KünstlerInnen und WissenschaftlerInnen treibt gemeinsam biologische Kunst- und Wissenschaftsprojekte voran.

Tissue Engineering

Die Anwendung soll es bald geben: 3D-Bio-Drucker liefern Strukturen neuer oder zu ersetzender Körperteile. In diese „Bioarrays“ wird die passende – z.B. aus Stammzellen gewonnene – Zellkultur eingesetzt, wo sie zum Ersatzorgan, Ersatzknochen oder Fleisch, das ohne den Schlachter auskommt, heranwächst.

iGem-Wettbewerb

Jährlich treffen sich Studenten am MIT Boston und treten mit selbsterzeugten Organismen gegeneinander an. Darunter befinden sich Bakterien, die Quecksilber ausfällen, Einzeller, die leuchtende Mandalas in Petrischalen malen, Mikroben, die auf Kommando zu Pillen werden und Killerbakterien, die Tumorzellen jagen.



Risiken & Nebenwirkungen

Das neue Forschungsfeld im Nahbereich der bekannteren „Gentechnik“ löst auch zahlreiche ethische Bedenken aus. Matthias Kleiner, Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, meint: „Für die Akzeptanz einer neuen Technologie in der Wissenschaft ist ein frühzeitiger und offener Dialog mit der Öffentlichkeit entscheidend.“ Die aktuellen Möglichkeiten der Synthetischen Biologie sind durch bestehende Gentechnik-Gesetze ausreichend abgedeckt. Allerdings entwickle sich das neue Gebiet so schnell, dass man Sicherheitsfragen im Auge behalten und begleitend erforschen müsse (Zeit-Online, „Leben aus toter Materie“, 29.7.2009).

2006 bestellte ein Journalist des „Guardian“ Abschnitte des Pocken-Erbguts bei einer Gensynthesefirma und wurde anstandslos beliefert. Heute ist man einen Schritt weiter. Unbekannte werden nicht beliefert und jede Bestellung wird auf gefährliche Sequenzen geprüft. Biologin Sibylle Gaisser vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung meint dazu, dass es einfacher sei, aus einer einfachen Bodenprobe Milzbrand zu züchten, als ihn neu zu kreieren.

Eine andere bekannte Sorge ist die entweichender neuer Organismen, die sich in der Umwelt ausbreiten und sich nie mehr einfangen ließen. Hier entgegnet ein Experte des

Max-Planck-Instituts für Biochemie in München-Martinsried, dass die speziellen Bedürfnisse von Labororganismen dazu führen könnten, dass diese in der freien Wildbahn kaum überleben könnten. Häufig benötigen diese spezielle Zusatzstoffe wie Aminosäuren, die in der Natur nicht vorkommen, was ein Art Sicherheitsmechanismus darstellt. Der Gefahr, dass ein entwisches Bakterium Geninformation an natürliche Verwandte weitergibt, lasse sich begegnen, indem die DNA inkompatibel gemacht werde, so Harvard-Forscher George Church.

Doch es gibt bislang kaum öffentliche Diskussionen zu solchen Themen. Noch sind die meisten Anwendungen zu weit weg oder zu speziell. Sie werden auch nicht gesucht. Zu jung sind die Erinnerungen an die negative Gentechnik-Publicity, verursacht durch aggressive Chemie- und Saatgutkonzerne, die diese Technologie für ihre Zwecke nutzten.

Die Szene bemüht sich daher aktuell öffentlichen Dabatten und Eskalationen bestmöglich aus dem Weg zu gehen und ist stets bemüht mögliche Anwendungen laufend neu, unverdächtig und attraktiv darzustellen. Damit bis zum Zeitpunkt einer Entscheidung über mögliche reale Anwendungen nichts schiefgeht, wünscht sich Matthias Kleiner jedenfalls

Ethik-Lehrveranstaltungen als fixen Ausbildungsbestandteil. Es wird wohl auch so sein, wie der Biologie, Genetiker und Nobelpreisträger Hermann Muller formulierte: „Der Mensch ist eben ein megalomanisches Tier. Wenn er Berge sieht, will er Pyramiden bauen. Und wenn er so etwas Großartiges wie die Evolution sieht, dann kann er nicht anders, als sein Können ohne jeden Respekt auch daran zu messen.“

1 2 3 4

Abbildungen auf vorheriger Doppelseite

1. Craig Venter [8.9.2015, <http://i.ytimg.com/vi/SwubQLRisU/maxresdefault.jpg>]
2. Künstliche Zelle [8.9.2015, http://www.jcvi.org/cms/uploads/media/news_2007_06_28-2-hi_03.jpg]
3. Stammzellen-Zellkolonie [22.12.2014, http://www.eurostemcell.org/files/hiPS_Tra181_DE.jpg]
4. www.spektrum.de/fm/912/thumbnails/jelly_artificial_color_fuer%20online.jpg.1212337.jpg

5 6 7 8

Abbildungen

5. 3D-Drucker [8.9.2015, http://www.happylab.at/fileadmin/user_upload/_temp_/HappyLab/Presse_MG_7443.jpg]
6. DIY-Koffer [8.9.2015, www.aec.at/center/files/2013/07/citizenscience_diy_mobile.jpg]
7. Tissue-Engineering [19.4.2015, <http://www.technotification.com/wp-content/uploads/2015/01/wn20140309h2a.jpg>]
8. iGem-Wettbewerb [8.9.2015, http://2014.igem.org/wiki/images/6/6c/2014_iGEM_from_Above.jpg]

Quellen:

- [Laborwelt, Gene Editing, www.laborwelt.de/videos/kreidezeit/folge-129-genome-editing.html, 24.4.2015]
- [Laborpraxis, 22.12.2014, www.laborpraxis.vogel.de/analytik/bioanalytik/articles/467117/, 17.11.2014]
- [Santa cruz biotechnology inc., Gene Editing, www.scbio.de/crispr-cas9_system.html, 24.4.2015]
- [Spektrum, 25.6.2014, Künstliche Qualle ahmt Herzschlag nach, Maren Emmerich, Antje Findekle, www.spektrum.de/news/kuenstliche-qualle-ahmt-herzschlag-nach/1157859, 23.7.2012]
- [Spiegel, 23.8.2014, „Konkurrenz für Gott“, Johann Grolle, www.spiegel.de/spiegel/print/d-68525307.html, 4.1.2010]
- [Spiegel Online Wissenschaft, 8.9.2015, Frankensteins Zeit ist gekommen, Bernhard Epping, www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/synthetische-biologie-frankensteins-zeit-ist-gekommen-a-596579-3.html, 27.12.2008]
- [Spiegel Online, 22.12.2014, www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/gentechnik-forscher-reprogrammieren-zellen-mit-dna-ringen-a-676518.html, 8.2.2010]
- [Spiegel Online Wissenschaft, 8.9.2015, Leben aus dem Lego-Baukasten, Jens Lubbaddeh, www.spiegel.de/wissenschaft/natur/synthetische-biologie-leben-aus-dem-lego-baukasten-a-670081.html, 5.1.2010]
- [Technology Review, 24.4.2015, „Direkte Genveränderungen an menschlichen Embryonen“, www.heise.de/tr/artikel/Direkte-Genveraenderungen-an-menschlichen-Embryonen-2618754.html, 24.4.2015]
- [Wikipedia, Tissue Engineering, http://de.wikipedia.org/wiki/Tissue_Engineering, 20.4.2015]
- [Wikipedia, Bioprinter, <http://de.wikipedia.org/wiki/Bioprinter>, 20.4.2015]
- [Wikipedia, Plasmid, 22.12.2014, de.wikipedia.org/wiki/Plasmid, 19.10.2014]
- [Zeit Online, 8.9.2015, Leben aus toter Materie, Josephina Maier, www.zeit.de/online/2009/31/synthetische-biologie, 29.7.2009]
- [Zeit Online, 8.9.2015, Leben des Lebens, Josephina Maier, www.zeit.de/online/2009/32/N-synthetische-biologie, 29.7.2009]



Weltweit werden heute „Biobricks“, auch „Lego des Lebens“ genannt, von Biologen gesammelt und öffentlich bereitgestellt. Das Ziel ist nützliche Organismen mit Bio-Druckern herzustellen um die erdölbasierte Industrie abzuschaffen.

Lego des Lebens

Bald könnten Berufsbezeichnungen wie „Organismus-Ingenieur“ oder „Mikroben-Designer“ auf Visitenkarten stehen – und diese Personen müssten nicht einmal etwas von Biologie oder Genen verstehen. Die synthetische Biologie will den zu Zucht & Gentechnik umgekehrten Weg gehen, indem sie nicht nach Eigenschaften selektiert (Top-Down-Ansatz), sondern diese vorab genetisch kartografiert, um danach jeden beliebigen Organismus bauen zu können (Bottom-Up-Ansatz). „Biobricks“ werden diese Gensequenzen genannt, aus denen neue Gene und Genome entstehen sollen. Die Einsatzmöglichkeiten scheinen unbegrenzt, da kaum etwas nicht biologisch herstellbar ist.

1. Auswählen

Auf der Biobricks-Site des MIT parts.igem.org/Main_Page werden heute mittlerweile rund 20.000 dieser biologischen Bausteine oder „Biobricks“ angeboten. Die Datenbank ordnet sie nach Komplexität („Parts“, „Devices“ und „Systems“ entsprechen den IT-Begriffen „Routine“, „Objekt“ und „Klasse“), Zelltypeignung (z.B. Prokarioten), Einbauort (z.B. Chassis=Zellhülle) oder Funktion (z.B. Reporter). Hat man sich überlegt, welche Fähigkeiten man für seinen Organismus benötigt, kann man die gewünschten Gen-Sequenzen herunterladen. So könnten auch die im folgenden Kapitel als „Bio-Bricks“ bezeichneten höheren

biologischen Funktionen heute existierender Organismen hier künftig verwaltet und kombiniert werden.

2. Bauen

Standardisierte Schnittstellen ermöglichen die Genfragmente miteinander zu kombinieren. Der Online-Katalog gibt einen Überblick wie Teile zusammenpassen. Eigene Programme prüfen die Qualität des Codes.

3. Drucken

Die Bestellung der DNA geht direkt an das MIT oder an Gensynthese-Firmen wie GeneArt, die nun die Genstränge Basenpaar für Basenpaar „ausdrucken“ und danach an das Labor schicken.

4. Zum Leben erwecken

Im Labor kann die neue DNA einer Wirtszelle eingesetzt werden und diese kann nun ihre Funktionen gemäß dem neu programmierten Stoffwechsel ausführen. Beim MAGE (multiplex automated genome engineering), einem neuartigen Prototypen eines fortschrittlichen DNA-Printers, passieren die Schritte 2 bis 4 in einem. Hier müssen nur mehr die gewünschten Eigenschaften aus dem Biobricks-Katalog ausgewählt werden – und fertig ist der neuartige lebendige Organismus.

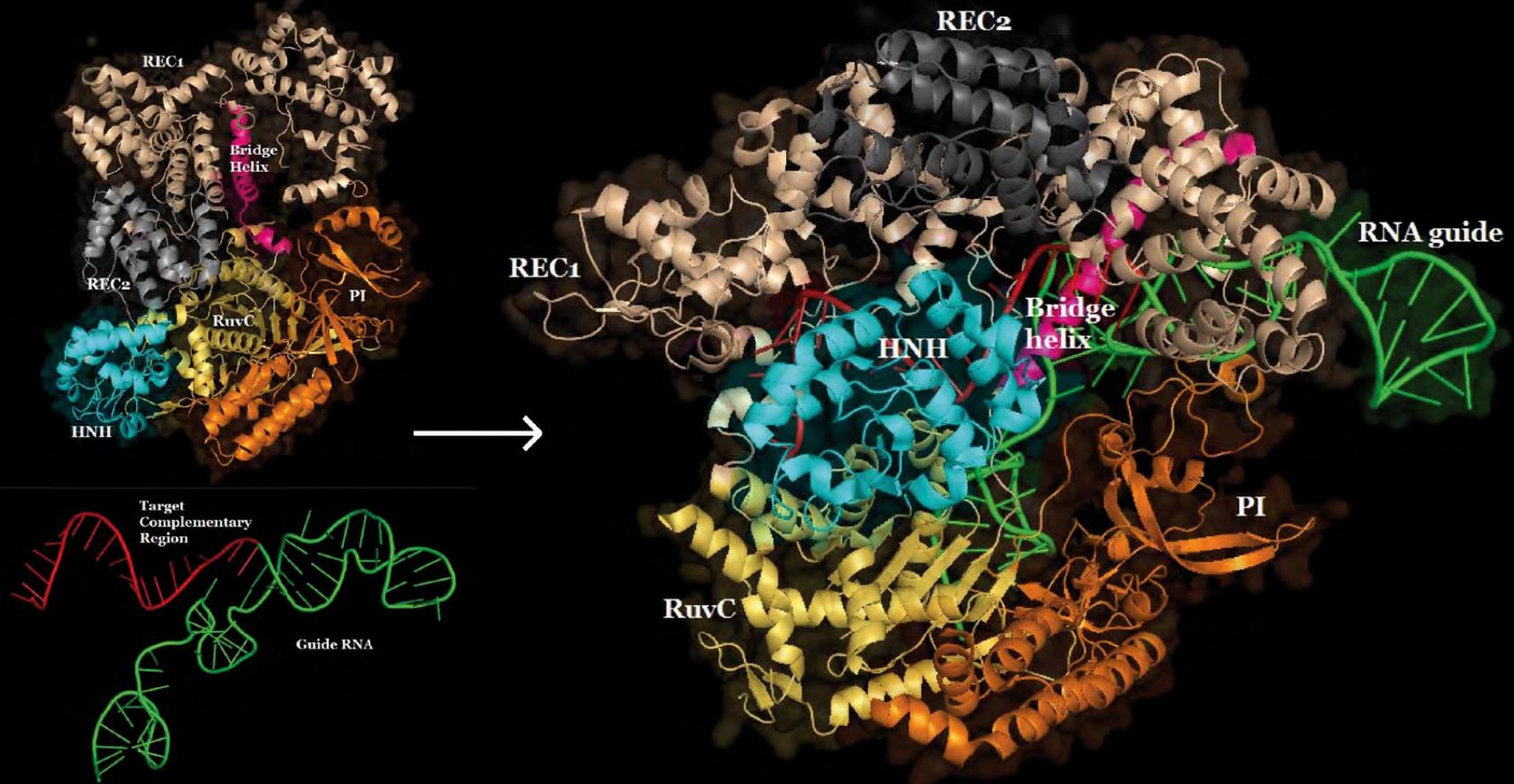
Kosten 2015

Während bei der DNA-Sequenzierung durch enorme technische Fortschritte eine Preis-Schlacht entbrannt ist – das eigene Genom ist heute für \$ 1000 zu haben und kostete zu Beginn \$ 3 Mrd. – ist die seltener benötigte Gen-Synthese wesentlich kostspieliger. Will man lediglich einen existierenden Organismus mit ein paar zusätzlichen Gen-Sequenzen ausstatten, wird nach Basenpaaren (bp) abgerechnet. Hier liegt der Preis bei ca. € 0,2/bp. Will man ganze Gene künstlich herstellen, sinkt der Preis zwar wesentlich, doch selbst das kleinste bekannte Pflanzengenom von *Genlisea aurea* ist mit 60 Mbp immer noch riesig. Ein Mensch bringt es auf 3 Gbp und Weizen sogar auf 17 Gbp, was wohl in die Millionen Euro ginge.

Hierzu muss man aber wissen, dass Natur-DNA oft mit 90% Overhead und mehr beladen ist und künstlich organisierte DNA wesentlich kompakter sein kann. Dazu kommt ein entscheidender Unterschied: ein biologisches Produkt muss nur 1 x hergestellt werden, danach vermehrt es sich von selbst.

Abbildung Mensch aus Lego [8.9.2015, <http://illusion.scene360.com/wp-content/uploads/2014/07/lego-art-creations-12.jpg>]

Quellen:
[Spiegel Online Wissenschaft, 9.9.2015, Leben erschaffen nach dem Lego-Prinzip, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/synthetische-biologie-leben-erschaffen-nach-dem-lego-prinzip-a-820865.html>, 29.04.2012]
[Spiegel Online Wissenschaft, 8.9.2015, Leben aus dem Lego-Baukasten, Jens Lubbaddeh, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/synthetische-biologie-leben-aus-dem-lego-baukasten-a-670081.html>, 5.1.2010]
[Gen-Synthese-Kosten, 9.9.2015, www.genscript.com/gene_synthesis.html]
[Gen-Sequenzierungs-Kosten, 9.9.2015, www.heise.de/newsticker/meldung/Industrieprodukt-Genom-Sequenzierung-DNA-Sequenz-fuer-unter-1000-US-Dollar-2075112.html, 23.1.2014]



Gene-Editing, Scherenmolekül CRISPR-Cas9
 Anhand der mitgelieferten Guide-RNA wird die
 entsprechende am Genom identifiziert und der
 gewünschte Genabschnitt herausgeschnitten.

Das neue Dazwischen

In der kulturwissenschaftlichen Buchreihe „Kultur und Technik“ Band 16 wird das heutige Mensch-Natur-Verhältnis erörtert und festgestellt, dass Umweltschutz heute stark ideologisiert ist. Zum einen, weil die Umwelt bereits stark von menschlichen Produkten überformt ist. Zum anderen, weil wir mehrheitlich einen empathischen Naturbegriff verloren haben. Deshalb benötigen wir Bilder oder Kategorien, die uns helfen, zwischen Natur und Menschenwerk zu unterscheiden. Diese Naturvorstellungen haben jedoch wenig mit eigentlicher Natur zu tun.

Man kann dies z.B. am verbreiteten Begriff „Ökosystem“ festmachen, der gemeinhin verwendet wird, um die Vorstellung eines funktionierenden natürlichen Ideal-Zustands zu bedienen. Dem gegenüber meint der Biologe Josef Reicholf in einem Essay im Spiegel zum Thema „Natur und Gleichgewicht“: „Die Natur hat keine Soll-Werte, weil ihr, abgesehen vom Menschen, niemand vorschreibt, wie sie sein soll. Sie ist nicht einmal aus den sogenannten Ökosystemen zusammengesetzt, die nicht gestört werden dürfen, weil sie sonst zusammenbrechen. Ökosysteme sind für die ökologisch-wissenschaftliche Forschung allerdings sehr praktische und ergiebige Konstruktionen – aber keine Funktionseinheiten der Natur. In der Natur sehen wir sie nicht. Es gibt keine Abgrenzungen, die das eine Ökosystem

von einem anderen trennen.“ Die Ökosysteme bleiben auch nicht „stabil“, sondern ändern ihre Zusammensetzung mit der Zeit durchaus ohne Zutun des Menschen. Könnten und „sollten“ sie das nicht, gäbe es keine Evolution.“

Nicole C. Karafyllis schlägt daher den Begriff „Biofakte“ für Mischprodukte aus Natur und Technik vor. Er wird benötigt, um ein neues „Dazwischen“ von Natur und Technik überhaupt erst denk-, diskutier- und akzeptierbar machen zu können

„in einer Zeit, in der philosophische Publikationen angesichts neuer bio- und gentechnischer Möglichkeiten verstärkt den Verlust von Natur in Anschlag bringen.“

Ein weit verbreitetes Gefühl von Mitverantwortung an Naturzerstörung vermutet in der neuen hybriden Technologie einen Anschlag auf die Natur und erkennt dabei nicht die sich dadurch eröffnenden Möglichkeiten eines Rückbaus der weitaus schädlicheren, aber bereits akzeptierten, Technologien. „Gegen diese retrospektiv ausgerichtete Argumentation, was alles mittlerweile „nicht mehr“ Natur ist, sollte und soll ein Begriff gesetzt werden, der die zunehmend alltäglichere Gegenwart des „Dazwischen“ zu bezeichnen erlaubt. Denn nur so kann der Gefahr, neue Technologien zwischen Nostalgie und Utopie zu verhandeln und die Gegenwart zu vergessen,

in der es sich jetzt zu orientieren gilt, begegnet werden. Das Konzept des Biofaktes soll etwas benennen und gesamtgesellschaftlich verhandelbar machen, dessen man sich phänomenal unsicher ist. Biofakte sind im Gegensatz zur Natur nicht mehr „selbstverständlich“. Ein Biofakt wächst selbst, aber nicht mehr nur von selbst.“

Abbildungen
CRISPR-Cas9-Molekül [8.9.2015, Links <https://sites.tufts.edu/crispr/files/2014/12/Guide-RNA-binding2.png>]
Urmensch [15.3.2015, <http://www.kenniskennis.com/images/site/325.jpg>]
Moderne Brille [8.5.2015, www.brille-im-internet.demediacatalogproductjooop_83165-849_-front_1_2.png]

Quellen:
[Gerd de Bruyn, Ludwig Ferdinand, Hannes Schwertfeger, 2009, Lebende Bauten – Trainierbare Bauwerke, LIT-Verlage, S. 13]
[Spiegel Online, Reicholf, Essay von Josef H. Reicholf, Leben kämpft stets gegen das Gleichgewicht, 13.06.2008]



[„Biodesign“, William Myers, Thames & Hudson 2012, London, Seite 79]



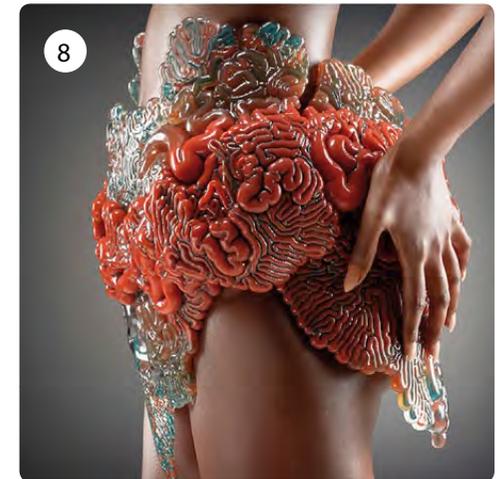
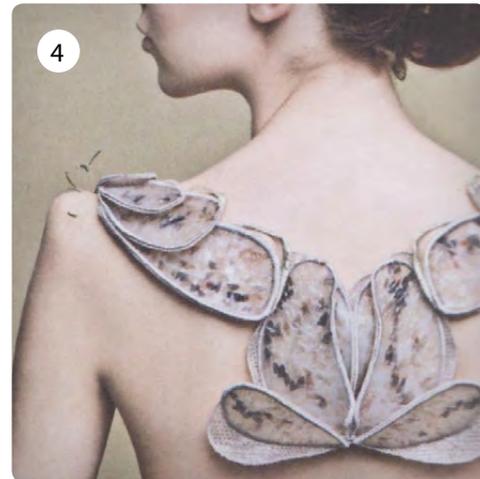
[9.9.2015, www.dezeen.com/2015/01/21/movie-officina-corpuscoli-growing-products-materials-fungus-biotechnological-revolution, 01:37]



[9.9.2015, <http://flavorwire.com/46793/austrian-designer-imagines-clothing-created-from-your-bodys-bacteria>, Seite 3]



[9.9.2015, http://knallschwarz.com/magazin/wp-content/uploads/2013/10/Michael-Burton_Future-Farm.jpg]



[9.9.2015, www.dezeen.com/2015/01/21/movie-officina-corpuscoli-growing-products-materials-fungus-biotechnological-revolution, video bei 01'14"]

[„Biodesign“, William Myers, Thames & Hudson 2012, London, Seite 172]

[9.9.2015, <http://www.dezeen.com/2013/12/11/3d-printed-trainers-synthetic-biology-protocells-shamees-aden-wearable-futures>]

[9.9.2015, www.wired.co.uk/news/archive/2010-07/12/meat-house/view-gallery/262267]

Bioarts & Biodesign

Die Kunst- und Designszene hat das Thema der *neuen* oder *anders* produzierenden oder *seienden* Biologie längst für sich entdeckt und bearbeitet es von vielen Seiten. Projekte behandeln künftige Anwendungen sowie deren Implikationen und Auswirkungen. Dabei verschwimmen die Grenzen zwischen künstlerischem Experiment, wissenschaftlicher Vorarbeit und einsatzbarem Produkt, das nur noch auf den richtigen Zeitpunkt wartet.

Werkstoffe

Projekte wie der „Bio-Ziegel“ von Ginger Krieg Dosier ① oder die Pilzobjekte des „Growing Labs“ von Maurizio Montalti ② ③ erforschen neue, umweltfreundlichere Werkstoffe, bei deren Herstellung lebende Organismen eine maßgebliche Rolle spielen.

Schmuck & Kleidung

Amy Congdons fiktive Schmuckobjekte ④ sind gewachsene Ableger künftiger Organismen. Sonja Bäumel geht einen Schritt weiter und konzipiert ein symbiotisches System mit lebender Kleidung ⑤ für seine Träger. Als Material für den 3D-gedruckten Laufschuh ⑥ denkt Shamees Adens an Protozellen. Das sind Kunstzellen, die sich selbst vermehren können – ein Forschungsziel der synthetischen Biologie.

Körper

Michael Burtons Arbeiten thematisieren den menschlichen Körper als Produktionsmaschine ⑦ in einer von Industrie dominierten Gesellschaft. Neri Oxmans darmähnliches Kunstorgan „Mushtari“ ⑧ soll künstliche Organismen beherbergen, die ihrem Träger Energie bereitstellen.

Geräte

Die „Fly paper robotic clock“ ⑨ von James Auger und Jimmy Loizeau thematisiert die Schnittstelle von Technik und Biologie. Die Uhr fängt Fliegen und verdaut sie, wodurch sie Strom gewinnt. Die biolumineszenten Bakterientanks ⑩ von Jack Mama und Clive van Heerdan ersetzen sind biologische Lichtquellen.

Wohnen

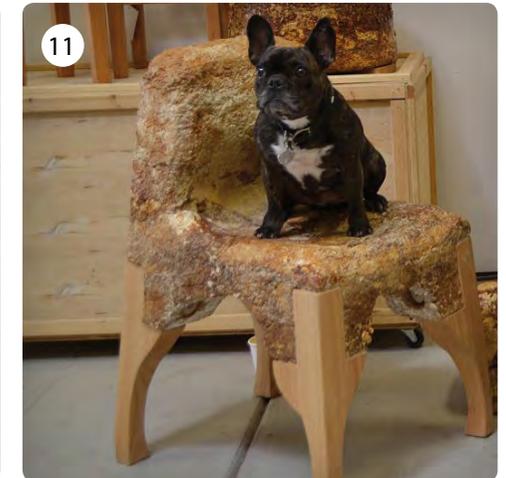
Die Pilzmöbel- und -strukturen ⑪ von Phil Ross und Katie McCracken sollen Holz und Kunststoff durch „pilzbasiertes“ Material ersetzen. Das „Meat-House“ ⑫ von Mitchell Joachim entspricht der Idee eines lebenden Hauses. Im 3D-Druck hergestellt und mit Schweinezellen besiedelt, kann es Muskelbewegungen ausführen. Schläuche mit Nährlösungen halten es am Leben.

9.9.2015, <http://researchonline.rca.ac.uk/1095/1/flypaperroboticclock2009.jpg>



9.9.2015, inspir3d.net/wp-content/uploads/2011/bacteria2.jpg

9.9.2015, <https://science.kqed.org/questfiles/201406Phil-Ross-Katie-McCracken-Workshop-Residence.jpg>

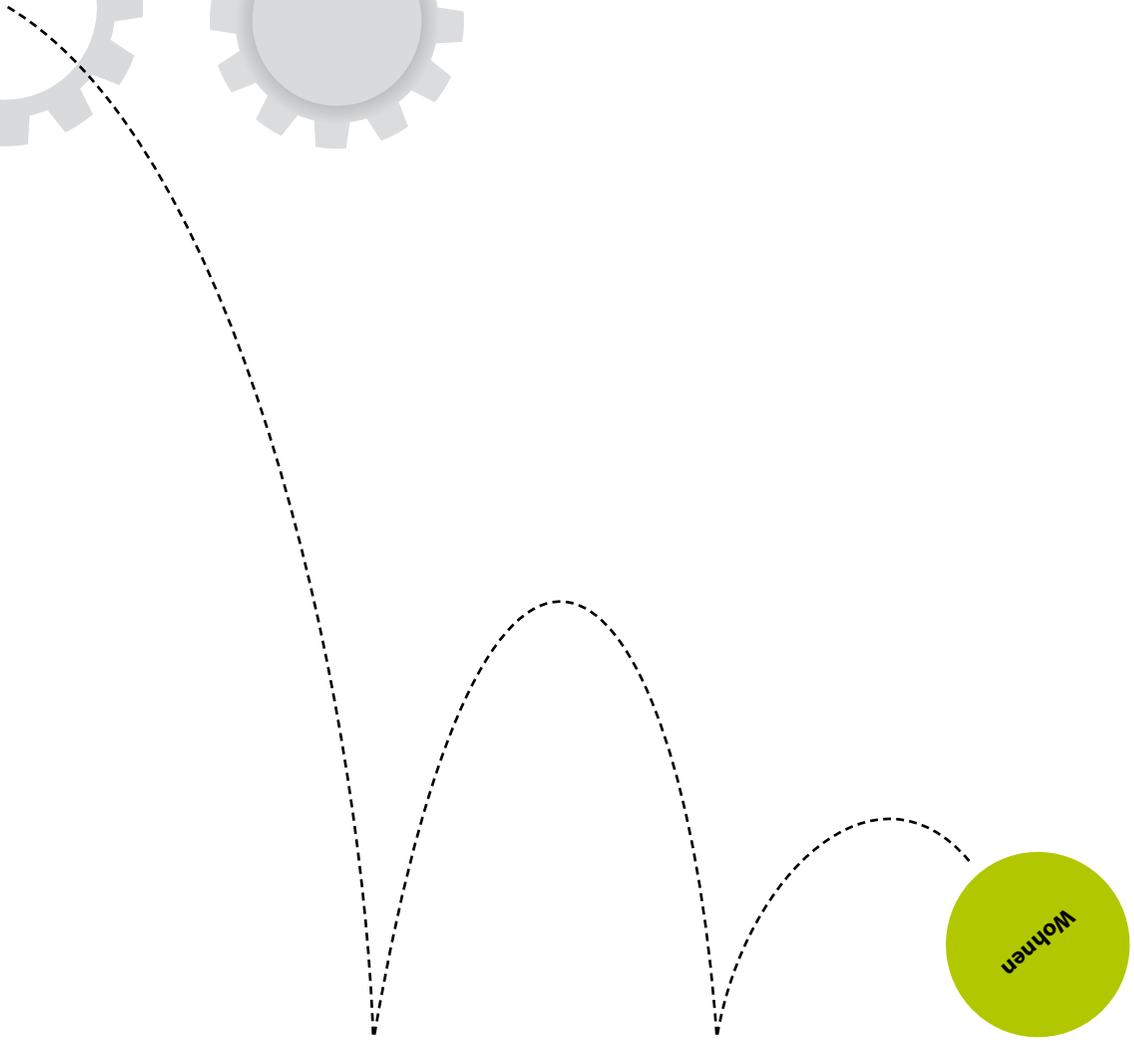
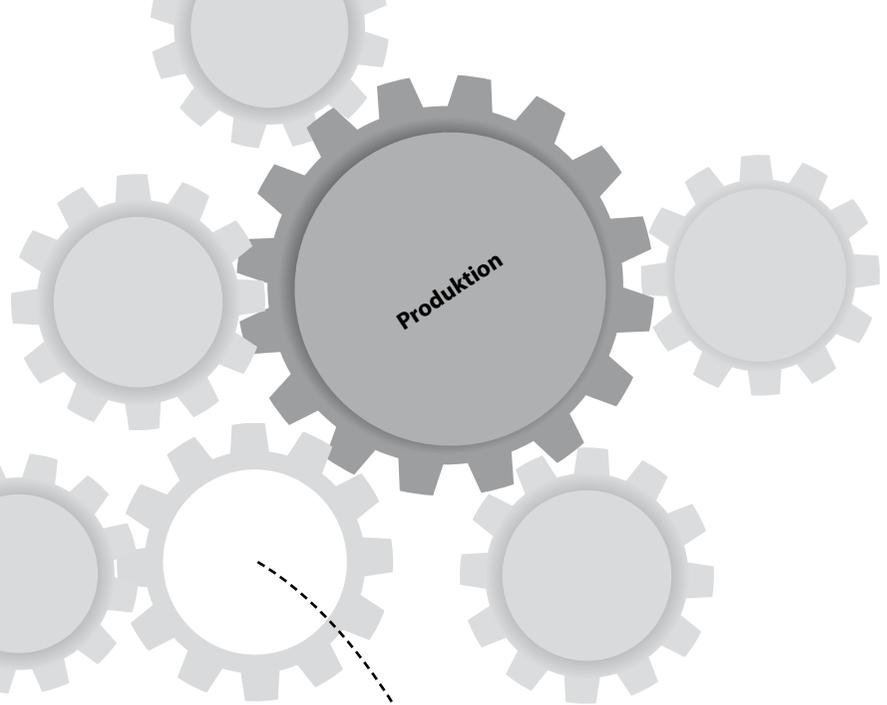


9.9.2015, www.wired.co.uk/news/archive/2010-07/12/meat-house/view-gallery/262267



The discovery of tools

4. BAUSTEINE DER BIOLOGIE



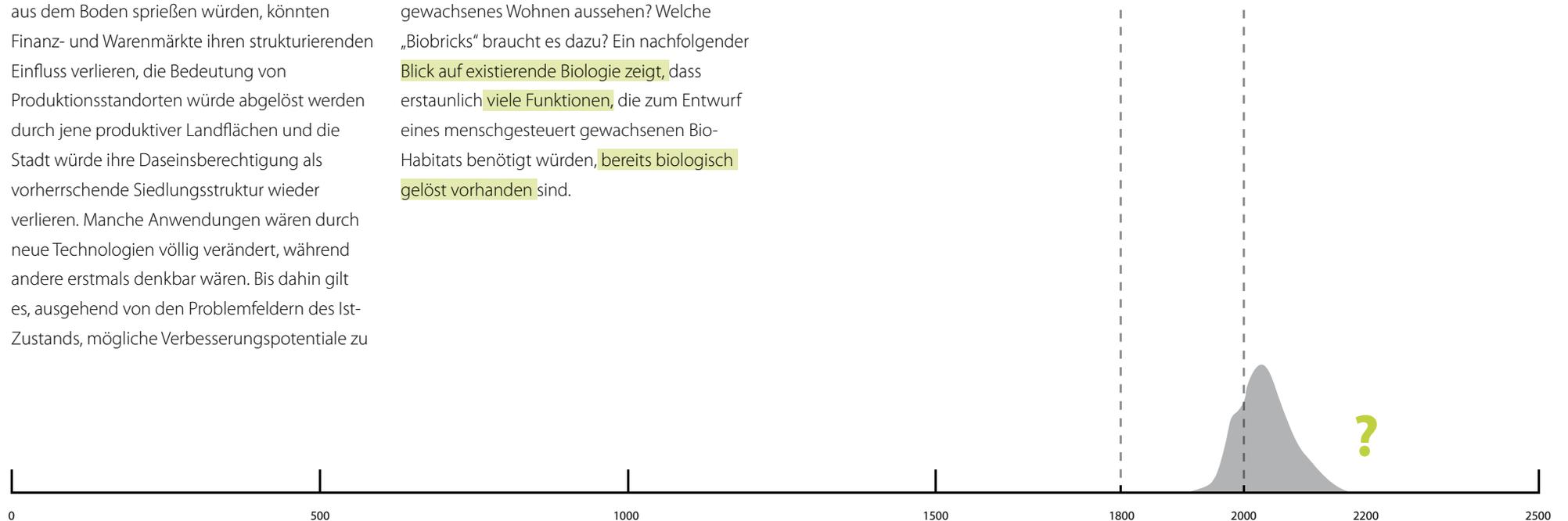
Äquivalente Lösungen

Mit dem absehbaren Ende des Vorhandenseins fossiler Ressourcen wurde die Suche nach alternativen Energieformen und Rohstoffen eingeläutet. Die vermehrte Anwendung biologiebasierter Technologien wäre aufgrund ihrer mutmaßlich hohen Stoffwechsel-Kompatibilität eine aussichtsreiche Variante. Heute industriell gefertigte Produkte könnten umweltfreundlich hergestellt werden. Doch neue Technologien verursachen auch immer kulturelle Veränderungen und können gewohnte Strukturen und Abläufe auf den Kopf stellen. Wenn z.B. Produkte einfach aus dem Boden sprießen würden, könnten Finanz- und Warenmärkte ihren strukturierenden Einfluss verlieren, die Bedeutung von Produktionsstandorten würde abgelöst werden durch jene produktiver Landflächen und die Stadt würde ihre Daseinsberechtigung als vorherrschende Siedlungsstruktur wieder verlieren. Manche Anwendungen wären durch neue Technologien völlig verändert, während andere erstmals denkbar wären. Bis dahin gilt es, ausgehend von den Problemfeldern des Ist-Zustands, mögliche Verbesserungspotentiale zu

erheben, gesellschaftlichen Diskurs zu forcieren und auf Entwicklungen aktiv Einfluss zu nehmen.

Ausgehend von der Idee, künftig „biofaktische“ Produkte nicht nur industriell zu fertigen, sondern den gesamten Produktionsablauf durch dezentral organisiertes, biologisches Wachstum zu ersetzen, könnte man an die Entwicklung öffentlich zugänglicher OpenSource-Biobricks anknüpfen, die, um Produkte und Anwendungen der Zukunft erweitert, es uns künftig ermöglichen, Saat für benötigte Produkte selbst auszudrucken und vor Ort wachsen zu lassen. Doch wie könnte gewachsenes Wohnen aussehen? Welche „Biobricks“ braucht es dazu? Ein nachfolgender Blick auf existierende Biologie zeigt, dass erstaunlich viele Funktionen, die zum Entwurf eines menschengesteuert gewachsenen Bio-Habitats benötigt würden, bereits biologisch gelöst vorhanden sind.

	1800	2000	2200	
Menschen	1	6	?	Mrd
Primärenergieverbrauch	13	420	?	EJ/a
Treibhausgase	0,3	25	?	Mrd. t CO ₂
Mobilität	0,04	40	?	km/d, pers.





Biomasse

Energie wird im biologischen Nahrungskreislauf in „Biomasse“ gehandelt. Jeder lebende Organismus besitzt die Fähigkeit, Masse zur Körper- oder Energiereservenbildung aufzubauen und dadurch Energie zu binden. Biomasse besteht vorwiegend aus Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, die zu Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten verarbeitet werden. Ihren Aufbauvorgang bezeichnet man als Anabolismus – ihren Abbau als Katabolismus.

Masse = Energie

Das Bemerkenswerte an Biomasse ist ihre Eignung sowohl als Körperaufbaustoff als auch als Brennstoff. Muskelgewebe beispielsweise ist ein funktionaler Teil des Bewegungsapparats, der bei Nahrungsmangel wieder vom Körper in Energie zurückgewandelt wird oder Fleischfressern als Nahrung dient. Die beim Aufbau eingesetzte Energie lässt sich durch die Aufspaltung in niedrigerenergetischere Bestandteile auch immer zurückgewinnen. Auch menschliche Nahrung wird immer hinsichtlich ihres verwertbaren Energiegehalts in Kilojoule betrachtet (1kJ=1000 W/s). Nach der Endverwertung durch Insekten, Pilze und Bakterien stehen wieder die Ausgangsstoffe zur Verfügung.

Pflanzliche Produktion

Bei günstigem Nährstoffangebot und Klima

stellen Pflanzen in den gemäßigten bis tropischen Zonen im Mittel 2–8 kg/m²,a trockene Biomasse her. Düngerezufuhr ermöglicht weit stärkeres Wachstum (☛ Seite 61) und höhere Ernten (meist nur ein Teil der gesamt gewachsenen Biomasse).

Tierische Produktion

Tiere verwenden pflanzliche oder tierische Biomasse, um Energie aus ihr zu beziehen und gleichzeitig ihren Körper daraus aufzubauen. Sie sind dabei nicht wie Pflanzen auf das lokale Sonneneinstrahlungsangebot pro Fläche beschränkt, sondern können große Mengen an Biomasse auf einmal aufnehmen. Kleine Warmblüter mit hohen Stoffwechselraten haben einen besonders hohen Verbrauch. Eine Spitzmaus verbraucht das 80fache Kohlenhydrat-Biomasse-Energieäquivalent ihres Körpergewichts pro Jahr – ein Elefant mit niedrigerer Stoffwechselrate und einem günstigeren Masse-Oberflächen-Verhältnis nur das seinem Eigengewicht entsprechende.

Optimierung

Während Pflanzen die Gewinnung von Energie optimieren (Wachstumsgröße, Blattstellung) ist bei Tieren deren sparsamer Umgang entscheidend Thermoregulierung & Frostschutz (☛ Seite 79).

Produktivität (Trockenmasse)	kg/m ² ,a
C4-Pflanzen, Subtropen	8
C3-Pflanzen, Europa	2
Überschuss tropischer Regenwald	1,0
Überschuss Hartlaubwald	0,6
Maisernte (tw. Düngung)	0,8–1,8
Zuckerrübenernte (tw. Düngung)	1–11

Energieträger	kWh/kg	MJ/kg
Eiweiß	4,8	17,1
Kohlenhydrate	4,8	17,1
Alkohol	8,1	29,3
Fleisch, trocken	9,3	33,3
Fett	10,8	38,9

Verteilung Biomasse	MJ/kg
Tierische Verbindungen	1%
Cellulose	39%
Lignin	30%
Polysaccharide	26%
andere Pflanzenmaterialien	4%



Holz [9.3.2015, <https://ohmilkyway.files.wordpress.com/2014/02/holz.jpg>]

Quellen
 [Vortrag „Organisationsprinzipien organischer Energiehaushalte“, Susanne Klaus, 8.4.2005]
 [Presstext.com, 27.12.2014, Bio-Batterie nutzt Zucker als Energiequelle, Markus Steiner, www.presstext.com/news/20140904004, 4.9.2014]
 [www.poel-tec.com, Auto Lexikon, Photosynthese.pdf, 31.12.2014, <http://www.poel-tec.com/lexikon/photosynthese.php>, 2012]
 [Dr. Nicolas Dahmen, Karlsruher Institut für Technologie, Vorlesung „Biomasse – nicht nur eine Ergänzung zu fossilen Energieträgern?“, 13.2.2013]
 [Wikipedia, 29.12.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/Biomasse>, 19.12.2014]
 [Thomas Hirth, Fraunhofer-Institut Chemische Technologie, Pfinztal, Vortrag Biobasierte Produkte – Nachwachsende Rohstoffe als Ersatz fürs Erdöl? Die Natur als chemische Fabrik, Mainz, 10.03.2007, www.grundschule.bildung-rp.de, 4.1.2015]



Photosynthese

Sie ist der chemische Basisvorgang, der globale Ökosysteme samt unserer Produktionsstätten (fossile Energieträger sind prähistorische Photosynthesereste) antreibt und sie entwickelt sich seit 3 Mrd. Jahren weiter. Ihre Hauptprodukte sind Sauerstoff und Zucker. Was den so wertvoll macht, ist der in ihm enthaltene, energiereiche Kohlenstoff. Es existieren viele chemische Varianten von Zucker (Energiespeicher & Wandler, Seite 81) mit unterschiedlichsten Eigenschaften. Einige eignen sich zum Aufbau pflanzlicher Biomasse, andere werden in Wurzeln gespeichert, wieder andere landen als Zucker in Früchten.

Der Umstand, dass immer nur ein gewisser Anteil des Lichts unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen von den Blättern absorbiert werden kann, erklärt die pflanzliche Formenvielfalt und das Vorhandensein spezialisierter Photosynthese-Typen und ihre individuelle Anordnung innerhalb der Pflanzendecke.

C4-Pflanze

Dieser evolutionär moderne Photosynthesetyp entstand vermutlich erst vor 25 Mio. Jahren und hält bereits einen Anteil von 30% der jährlichen Photosyntheseproduktion. Im Idealtemperaturbereich von 30–47°C produziert er mit weniger Wasser mehr Biomasse als alle anderen Typen.

Dies gelingt, weil 4 statt 3 Kohlenstoff-Atome in einem Durchlauf verarbeitet werden. Die Ausbreitung von C4-Arten nimmt in den warmen und sonnigen Gegenden Mitteleuropas zu. Zu ihnen zählen vor allem Gräser wie Chinaschilf, Mais und Zuckerrohr. Versuche aus der C3-Pflanze Reis eine C4-Pflanze zu machen, schlugen bisher fehl.

C3-Pflanze

Bei niedrigeren Temperaturen sind C3-Pflanzen C4-Pflanzen überlegen. Ebenso bei extrem hohen CO²-Konzentrationen. Während C4-Pflanzen schon ab niedrigen Konzentrationen ein stabiles Produktivitätsmaximum erreichen, nimmt es bei C3-Pflanzen linear zu.

Schattenpflanze

Diese sind Meister darin, bei geringem Lichtangebot gewinnbringend Photosynthese zu betreiben. Sie können dies unter Verhältnissen wo C3- und C4-Pflanzen negative Photosynthese-Bilanzen aufweisen. Dafür sind sehr hohe Lichteinstrahlungen schädigend.

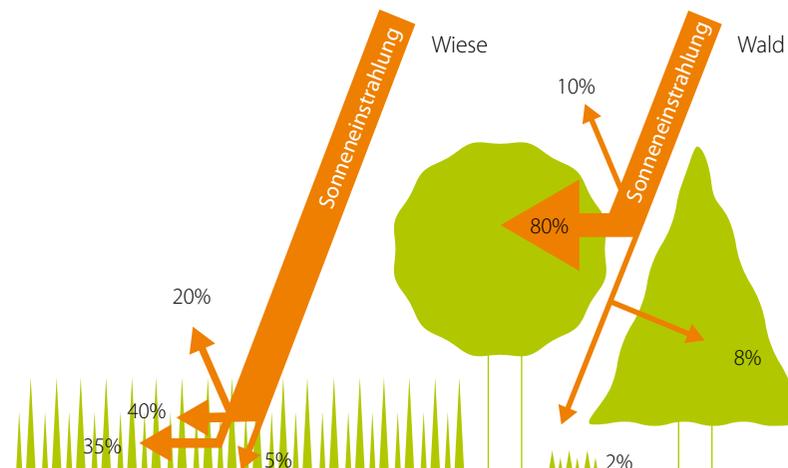
CAM-Pflanze

Dieser Pflanzentyp hat sich auf trockene Gebiete spezialisiert. Er reduziert den Wasserverlust, indem er die Stomata tagsüber geschlossen hält. Dies kann er nur, weil er das gewonnene CO² in Apfelsäure bindet und so nachts in Vakuolen

speichert. Tagsüber kann daraus Kohlenstoff gewonnen werden und die Dunkelreaktion zeitversetzt ablaufen. Zu den CAM-Pflanzen zählen sukkulente Dickblattgewächse, Kakteen, die Agavaceen (Wasserspeicherung, Seite 83) und noch andere Arten.

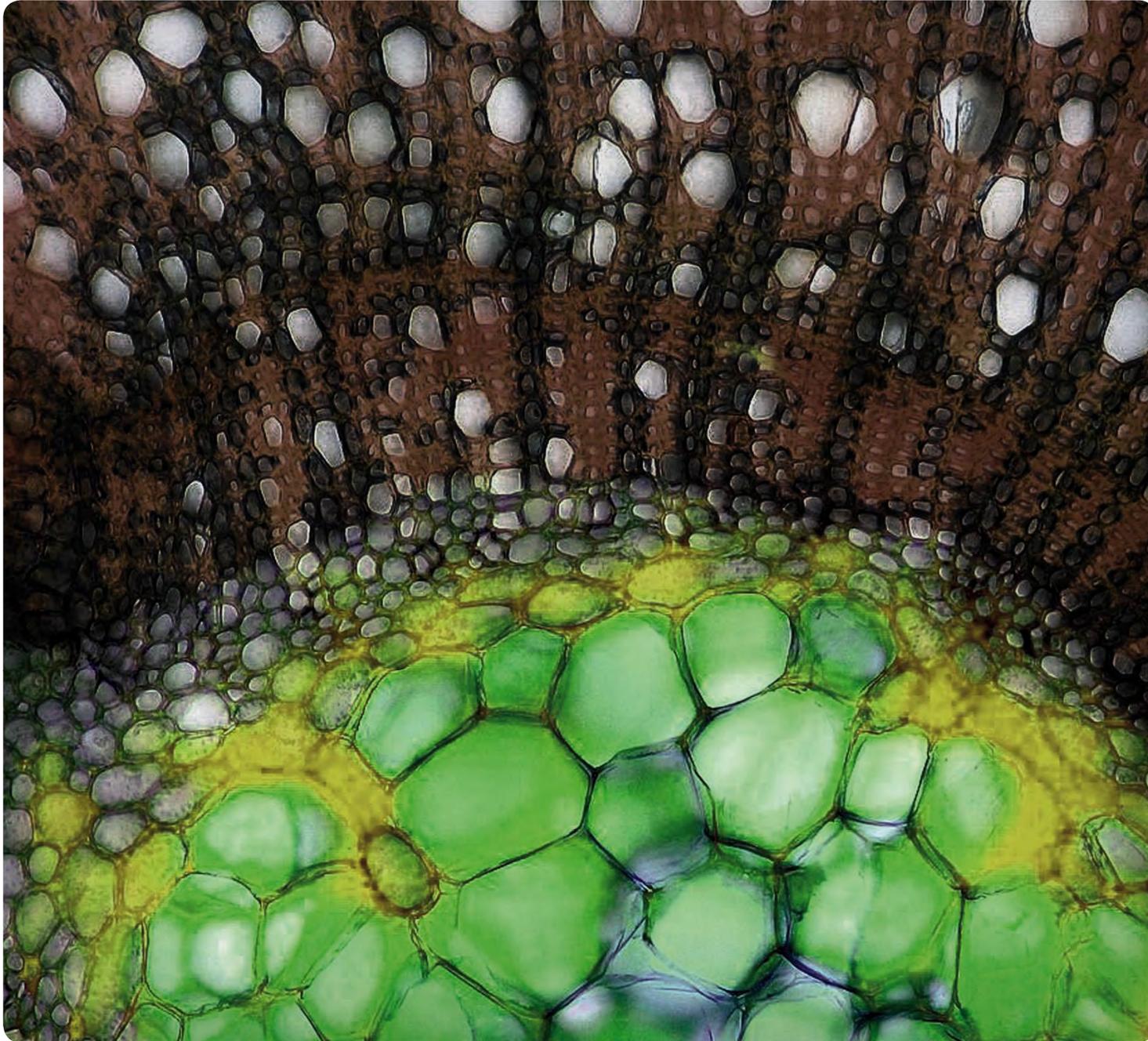
Maritime Photosynthese

Damit Pflanzen ihr Photosynthese-Potential ausspielen können, müssen Aufbau der Pflanze und Standort zusammenpassen. Meeres-Photoorganismen haben eine 700 x schnellere Photosyntheserate als Organismen an Land. Mit nur 0,2% der globalen Pflanzenmasse produzieren diese Organismen 44% der globalen Biomasse.



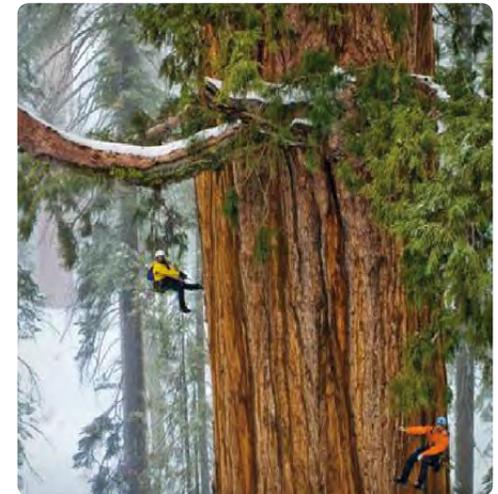
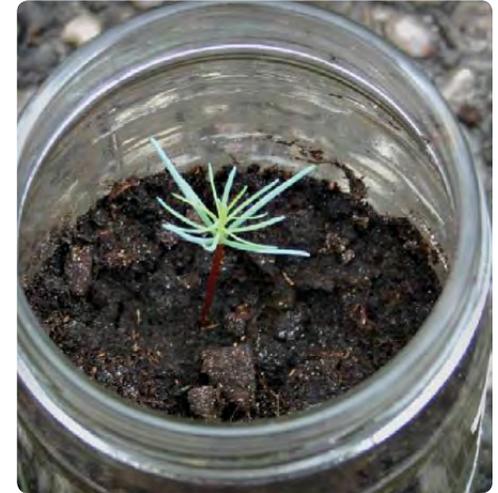
Abbildung

1. Einfache Algen mit Chloroplasten [https://ecampus.uibk.ac.at/documents/10157/161376/30158_Bild%25201%2520-%2520Algenzellen.jpg/acfe2a8-0041-478c-8eef-523f77649456?t=1415280630466, 24.4.2015]
2. Sonneneinstrahlung [Ökologie, Thomas M. Smith, Robert Leo Smith, Seite 117, Pearson Deutschland GmbH, 2009] [Blattstruktur, jo_miltenberger, 26.03.2006, http://view.stern.de/de/rubriken/natur/pflanzen-pflanze-blattstruktur-strukturen-blattstruktur-pflanzenwelt-original-134837.html, 31.12.2014]



Ausdifferenziertes Zellgewebe des Besenheidespross *Calluna vulgaris* mit Protoxylem (Holzvorstufe) außen und Markzellen innen. Eingefärbt und 50-fach vergrößert.

Mammutbaumsetzling und ausgewachsener Mammutbaum



Wachstum

Das alles dominierende biologische Produktionsprinzip heißt Wachstum. Aus einer einzigen Zelle entsteht durch Teilung ein komplexer Organismus. **Der menschliche Körper beginnt als 0,13 mm großer Einzeller. 45 Teilungen später ist er ein 100.000.000.000.000 Zellen großer Verband** mit zahllosen übergeordneten Regulationsmechanismen. Dieser Vorgang und die zahllosen daran geknüpften Bedingungen bilden dabei häufig jene verästelten Strukturen, aus die wir aus der Natur kennen (Logik der Bio-Struktur,  Seite 103).

Wachstum mit Plan

Analog der Herstellung von Produkten, Werkzeugen und Bauwerken läuft biologisches Wachstum nach einem räumlichen und zeitlichen Plan ab. Ist der Prozess einmal angestoßen, startet eine Teilungskaskade, bei der Timing und Synchronisierung entscheidend sind. Ähnlich den Individuen eines Schwarms informieren sich Zellen fortlaufend über den Zustand der anderen. Dazu werden Signalmoleküle verschickt und eigene Rezeptoren verarbeiten eintreffende Signale. Schrittweise wird klar, wo zu welcher Zelle welcher Job am besten passen wird. Jede Zelle hat dazu alle passenden Ausbauleitungen in ihrem Zellkern und kann sich nun für ihre künftigen Aufgaben im Verband als Pflanze, Pilz oder Tier fit machen. Neben den

erwähnten Signalmolekülen gibt es noch weitere Steuerungsmechanismen, die unter dem Begriff Wachstumsfaktoren zusammengefasst werden. Diese werden von der Natur zum Teil sehr flexibel genutzt: Während der *Hedgehog-Signalweg* beim Menschen die Ausbildung der Rechts-Links-Symmetrie anstößt, regelt er bei Insekten die Flügelstruktur.

Epigene

Auch externe Ereignisse steuern die Entwicklung. Gelangen passende molekulare Marker in den Zellkern, führt dies zur Aktivierung oder Deaktivierung von Gen-Abschnitten. Die dem Grund des Marker-Auftretens entsprechend als nützlich zugeordneten Funktionen werden nun außerplanmäßig aktiviert oder hinderliche deaktiviert.

Alles fließt

Biologische Organismen leben bis zum Tod. Das bedeutet einerseits, dass schon in frühesten Entwicklungsstadien, wo viele Organe noch gar nicht vorhanden sind, schon ein funktionierender Stoffwechsel stattfinden muss. Andererseits muss sich jede Wachstums- und Entwicklungsstufe nahtlos in die nächste überführen lassen. Das ist einem Gebäude vergleichbar, das vom ersten Spatenstich an bewohnt ist und das laufenden Aus- und Umbau problemlos unter einen Hut bringt.

Biologisches Design

Wachstum kann nur unter Bildung von Biomasse erfolgen. Daher sind alle biologischen Arten auf Biomassererhalt und Biomassegewinnung ausgelegt. Ihr Körper unterstützt sie dabei. Höheres biologische Design beschreibt aber eben niemals nur eine potente Endkörpergestalt und ihre dynamischen Eigenschaften. Es ist auch mehr als die Summe aller Wachstums- und Anpassungsphasen samt ihrer Übergänge unter verschiedenen Bedingungen. Jeder Körper bzw. jedes Individuum ist, je nach Vermehrungsstrategie seiner Art, nur eine ihrer möglichen Erscheinungen (Polymorphismus,  Seite 63). **Auf der Ebene des Arten-Designs ist eine große Varianz möglicher Repräsentationen und Erscheinungen (bzw. Produkte) des Genoms festgelegt.**

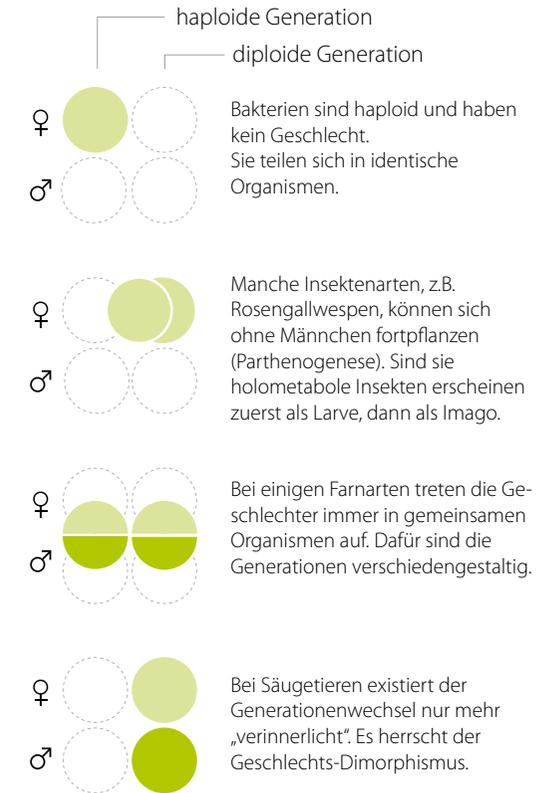
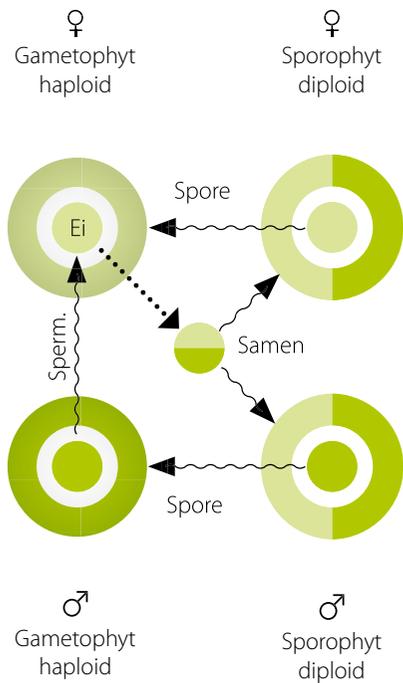


Abbildungen

- [Mikroskopie-forum, 22.12.2014, Beitrag von „Fahrenheit“, <http://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=10176.0>, Bild eingefärbt]
- [5.1.2015, Mammutbaum-Sämling, <http://img156.imageshack.us/img156/3713/060605mammutbaum9an.jpg>]
- [6.4.2015, <http://www.nationalgeographic.de/reportagen/riesenmammutbaum-der-weisse-riese>]

Quellen:

- [Spektrum.de, 1999, H.L./L.W., Spektrum akademischer Verlag, www.spektrum.de/lexikon/biologie/wachstum/69972, 3.1.2015]
- [D. Dahmen, E. Dinjus, Karlsruher Institut für Technologie KIT, Vorlesung Biomasse Seite 39, Quelle Deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe]
- [Wikipedia, 23.11.2014, Embryogenese des Menschen, [de.wikipedia.org/wiki/Embryogenese_\(Mensch\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Embryogenese_(Mensch)), 1.3.2015]
- [Wikipedia, 28.4.2014, Hedgehog-Signalweg, de.wikipedia.org/wiki/Hedgehog-Signalweg, 1.3.2015]
- [Wikipedia, 13.3.2014, Wachstumsfaktor, [de.wikipedia.org/wiki/Wachstumsfaktoren_\(Protein\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Wachstumsfaktoren_(Protein)), 22.12.2014]
- [Spektrum.de, 3.1.2015, www.spektrum.de/frage/wie-wieviele-zellen-hat-der-mensch/620672, 27.7.2013]
- [Spektrum.de, 3.1.2015, Georg Neunlinger, <http://www.spektrum.de/quiz/welches-lebewesen-weist-das-groesste-bekannte-genom-auf-gemeint-ist-die-zahl-der-basenpaare/1198743>, 27.7.2013]
- [Wikipedia, 28.12.2014, Epigenetik, de.wikipedia.org/wiki/Epigenetik, 1.3.2015]



Generationswechsel

Bei Arten mit Generationswechsel (z.B. bei manchen Farnarten) sind vier unterschiedliche Erscheinungen möglich.

Geschlechts-Dimorphismus

Der Geschlechts-Dimorphismus ist bei den Hirschkäfern besonders ausgeprägt. Ein anderes Extrembeispiel sind die Tiefsee-Anglerfische: das Weibchen ist 500.000 mal massereicher als das mit dem Weibchen verwachsene Männchen.

Polymorphismus

Eine Art – viele Erscheinungen. Zu Generations- und Geschlechtsunterschieden kommt noch das Phänomen der Metamorphose.

Polymorphismus

Reproduktion beginnt mit einer Zelle. Während sich Einzeller wie Bakterien nach einer Teilung bereits reproduziert haben, sich quasi selbst klonen, stellen mehrzellige Organismen dafür besondere Zelltypen (Gameten – Spermien- bzw. Eizellen) her. Die sind in der Lage, das Genom ihres Erzeugers mit dem anderer zu vermischen. Weil schon allein das Auftreten am Ort der möglichen Verschmelzung eine Erfolgsbestätigung für das zu transportierende Genom ist, ist auch diese Form der Vermehrung sehr effektiv. Um das danach einsetzende Wachstum des neuen Individuums ideal zu unterstützen, sind häufig Bedingungen an Ort und Zeitpunkt der Befruchtung geknüpft. Klima und Nahrungsangebot beeinflussen beispielsweise die Reife von Pflanzensamen oder die Paarungszeiten bei Tieren.

Geschlechter

Die Verschmelzung zweier Genome bedeutet auch deren Verdoppelung. Das hilft einerseits Fehler auszumergen. Zum anderen nutzen viele Arten diese Redundanz, um eine zweite alternative Körpergestalt (Geschlechts-Dimorphismus) auszubilden. Zwei Geschlechter vergrößern das Potential der Spezies, die sich nun auf mehrere Aufgaben spezialisieren kann (Aufzucht von Nachkommen, Gen-Qualitätskontrolle durch Balz, usw.). Manche Arten legen sich jedoch nicht endgültig fest und können je nach Situation auf

Männchen verzichten (Parthenogenese). Ist keines da, schlüpfen nur noch Weibchen.

Generationenwechsel

Beim Konzept des Generationenwechsels treten zudem „Sporophyten“ in Erscheinung, aus deren Sporen erst der eigentliche Gametenproduzierende Körper (Gametophyt) erwächst. Zu den geschlechtlich verschiedenen Erscheinungen kommen also in Generationen wechselnd noch weitere hinzu. Bei Blütenpflanzen ist der Sporophyt jedeoch bereits zurückentwickelt und quasi fix eingebaut. Bei Säugetieren entspricht er nur mehr einer Teilungsstufe während der Gametenentwicklung im eigenen Leib.

Metamorphosen

Neben gewöhnlichem Körperwachstum bewerkstelligt die Biologie auch vollständige Transformationen am lebenden Organismus. Bei der Metamorphose holometaboler Insekten wird dabei aus der auf das Fressen spezialisierten Larve das geschlechtsreife Imago. Dazu wickelt sich die Larve in eine Puppenschutzhülle und löst sich vollständig auf (Histolyse). Von ihr bleiben nur eine „Suppe“ aus organischen Bestandteilen und einige vormals funktionslose Zellen übrig. Aus denen wächst nun das völlig andersgestaltige Imago heran. Auch bei weniger extremen Formen, z.B. bei den botanischen Metamorphosen, dienen

die Umbauten der besseren Bewältigung von Aufgaben: bei der Kartoffelpflanze wandelt sich das Grundorgan „Sprossachse“ (Stängel) zwecks Energiespeicherung teilweise in Knollen um.

1=1+1+ ...

Der mögliche Reichtum an Körperrepräsentationen verschiedener Arten ist erstaunlich groß und scheint evolutionstechnisch recht plastisch. Rechnet man auch das Phänomen der Metamorphose und der Epigenese hinzu, dann scheint es für jede erdenkliche Aufgabe das passende polymorphe Reproduktionskonzept zu geben. Eine Frage an dieser Stelle könnte lauten, wieviel Information lässt sich in einem Genom unterbringen? Sind auch drei Geschlechter mal drei Generationen möglich? Die Anzahl der Basenpaare als möglicher Indikator umfasst beim menschlichen Genom 3,2 Milliarden Basenpaare. Das größte bisher entdeckte Genom, das der Japanischen Einbeere, umfasst 150 Mrd. Basenpaare und enthält demnach 50 x so viel Information.



Abbildungen

1. Generationenwechsel
2. Hirschkäfer [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Cerf-volant_MHNT_male_et_femelle.jpg, 2.1.2015]
3. Geschlechter
4. Larve, [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/4thInstarLarvae3500px.jpg, 2.1.2015]
5. Imago, [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Bombyx_mori_antennen.jpg]



Zur Bildung der Falter wird der Körper der Larve aufgelöst. Aus ihrem Material und ein paar Zellklumpen wächst ein völlig neuer Körper.

Quellen:

- [Evolution und Biodiversität der Pflanzen, 19.12.2014, Prof. Dr. Thomas Stützel, Ruhr-Universität Bochum, http://www.ruhr-uni-bochum.de/biodivpfl/skripte/Sk_31.html]
 [Wikipedia, 8.7.2014 Generationenwechsel, de.wikipedia.org/wiki/Generationenwechsel, 22.12.2014]
 [Wikipedia, 23.11.2014, Geschlechter, de.wikipedia.org/wiki/Geschlechtsdetermination, 24.10.2014]
 [Wikipedia, 3.1.2015, Polymorphismus, de.wikipedia.org/wiki/Polymorphismus, 1.1.2015]



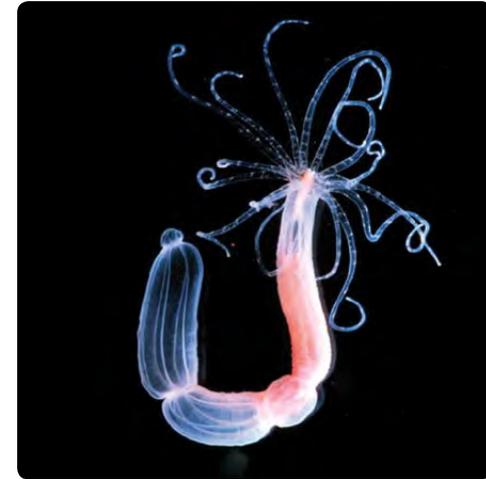
Genom-Klau?

Das Genom der Venus-Fliegenfalle enthält insektische Sequenzen. Sie helfen ihr, ihre Beute zu verdauen. Ein „Gen-Unfall“ könnte dafür verantwortlich gewesen sein.



Organellen-Klau

Diese Wasserschnecke verspeist Algen, integriert deren Chloroplasten in den eigenen Organismus und kann sich von nun an von Licht ernähren.



Patent-Klau?

Das Genom dieser Seeanemone enthält ungenutzte Bausteine für die Entwicklung höherentwickelter Nerven und Muskeln, wie sie bei Säugetieren vorkommen. Steht ein Evolutionsprung bevor?

Cross-Over

Biologie verleibt sich alles Verwertbare ein – häufig auch sich selbst. Es wird gekidnappt, angezapft, aufgefressen. Stabil scheint dagegen das Phänomen der Arten zu sein, die durch ihr Genom definiert sind. Doch auch hier gibt es Unregelmäßigkeiten.

„Wilde“ Gene

Genetische Weiterentwicklungen sind oft unscheinbar. Einzelne Basenpaare verschieben sich – vorerst gibt es keine expressive Auswirkung. Manchmal aber knicken ganze Chromosomenteile ab und wachsen neu an, oder große Teile des Genoms verdoppeln sich. Was dagegen die Venus-Fliegenfalle zum Fleischfresser machte ist auch damit nicht erklärbar und bis heute nicht restlos verstanden. Möglich, dass es sich um einen spektakulären Genunfall handelte. Die aktuelle Erforschung des Genoms liefert nämlich Anhaltspunkte dafür, dass sie insektisches Erbgut in ihres integrierte und fortan damit Verdauungsssekrete für ihre Opfer herstellte. Wie Derartiges passieren kann ist unklar. Es deutet aber auf spektakuläre Art und Weise auf die **Kombinierbarkeit von Genen verschiedener Domänen hin.**

Ein paar Gene mehr

Genforschungsprojekte bringen viel Erstaunliches zu Tage. Viele Arten besitzen Gene für Organe, die sie gar nicht ausbilden. Dabei handelt es sich nicht nur um evolutionäre Überreste, sondern auch um **Genanlagen für mögliche zukünftige Entwicklungen**, und zwar solche die sich bei völlig anderen Arten bereits vollzogen haben. Da gibt es beispielsweise schon den C4-Photosynthese-Komplex (Photosynthese, 📖 Seite 59) bei manchen C3-Pflanzen, oder Tiernerven- und Muskel-Genome von Säugetier-Format bei einer Seeanemonenart names Nematostella vectensis. Bakterien und Viren stehen im Verdacht, Genbausteine zu übertragen.

Organellen-Klau

Die Schlundsackschneckenart Elysia chlorotica verwendet ihre Nahrung nicht nur um sie zu verdauen, sie integriert deren pflanzliche Zell-Organellen, die Photosynthese-treibenden Chloroplasten, in ihren eigenen Körper und lässt sie dort erfolgreich für sich weiterarbeiten. Hat sie genügend Chloroplasten aufgenommen, bildet sich ihr Mund zurück und sie kann von nun an, von der Sonne angetrieben, Nährstoffe in ihrem Organismus zirkulieren lassen.



Abbildungen

1. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Venus_Fly_trap_showing_trigger_hairs.jpg]
2. [http://thefeaturedcreature.thefeaturedcreat.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2012/10/Elysia-chlorotica_lo2.jpg]
3. [Timm Nuechter & Thomas Holsteinhead, http://4.bp.blogspot.com/-GJb7ERT_XGI/USY4zeOyhJI/AAAAAAAAAqCE/Igr48rJ334/s1600/Evolution-of-head.jpg]

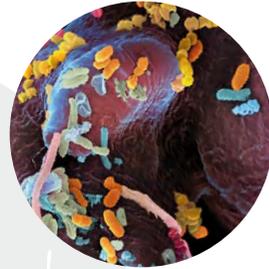
Quellen:

- [Prof. Rainer Hedrich, Botanik Universität Würzburg, Artikel zur Sendung „Grüne Fleischfresser“, 15.7.2012, www.daserste.de/information/wissenskultur/sendung/2012/fleischfressende-pflanzen-106.html, 20.12.2014]
 [Wikipedia, 31.12.2014, de.wikipedia.org/wiki/Elysia_chlorotica, 2.12.2014]
 [Studium integrale Journal, 15. Jg, Heft 1, April 2008, Herfried Kutzelnigg, <http://www.si-journal.de/jg15/heft1/sj151-1.html>, 27.6.2014]
 [Wikipedia, 22.12.2014, Holometabole Insekten, de.wikipedia.org/wiki/Holometabolie, 25.11.2014]
 [Wikipedia, 22.12.2014, Puppe (Insekt), [de.wikipedia.org/wiki/Puppe_\(Insekt\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Puppe_(Insekt)), 7.4.2014]



Haut

je nach Körperregion
in verschiedenen
Zusammensetzungen:
Staphylokokken,
Corynebakterien,
Actinobakterien,
Clostridiales
und Bacillus subtilis.
Staphylococcus epidermis
(grün) produziert
schützende Eiweiße und ist
die meistvertretere Art.



Mundflora

Streptococcus mutans (Karies)
und Staphylokokken.
600 verschiedene
Prokaryonten-Arten
siedeln hier.



Verdauung

Staphylokokken,
Streptokokken,
Enterokokken,
Enterobakterien,
Mykobakterien,
Spirochäten,
Mykoplasma,
Corynebakterien,
Clostridia,
Lactobacillus,

...



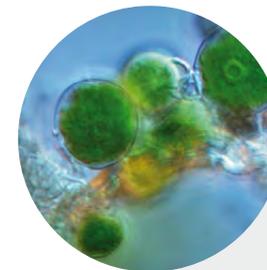
Orchidee

Calypso bulbosa lebt in Symbiose
mit bestäubenden Hummeln
und keimungs- sowie dem
ernährungsunterstützenden
Mykorrhizapilz.



Flechte

Im Inneren dieser Pilze leben Grünalgen,
die Zucker für beide Organismen herstellen.



Symbiosen

Symbiosen sind Gesellschaften unterschiedlich stark von einander profitierender Arten.

Flechten

Diese allererste entdeckte Symbiose besteht aus Pilzen und Photosynthese treibenden Cyanobakterien oder Grünalgen. Im Vegetationskörper des Pilzes siedelnd versorgt er sie mit Wasser und schützt sie vor UV-Strahlung. Er erhält dafür Nährstoffe. Die beiden Teilnehmer sind derart eng miteinander verschränkt, dass sie lange Zeit als ein Organismus wahrgenommen wurden.

Bienen & Blütenpflanzen

Blütenpflanzen bzw. Bedecktsamer sind auf die Bestäubung durch Insekten wie Bienen angewiesen, die sich von deren Pollen ernähren. Die Pflanzenfamilie der Orchideen hat dazu eine unvergleichbare Vielfalt an Lockangeboten geschaffen und imitiert auch verschiedenste Nahrungs- und Sexualdüfte. Die Blüten sind komplizierte Bestäubungskonstruktionen oder imitieren Insektenkörper, um spezielle Arten möglichst eng an sich zu binden.

Mykorrhizapilze & Landpflanze

Diese Vergesellschaftung besteht vermutlich schon seit der Landbesiedelung. Etwa 80% aller Landpflanzenarten stehen in Symbiose mit

Mykorrhiza-Pilzen, die Wasser und Nährstoffe gegen energiereiche Assimilate tauschen. Dabei herrscht sei jeher Tauziehen um die Aufteilung der Vorteile.

Mensch & Bakterien

Trotz aller Hygiene sind neun von zehn Zellen unseres Körpers nicht menschlich. **Eine Unzahl verschiedener Bakterienarten siedelt auf und in uns. Sie erledigen hier viele nützliche Aufgaben.**

Für sie ist unserer Körper wie eine eigene Welt mit unterschiedlichsten Biotopen. Von Kopf bis Zehe besiedeln spezielle Bakterien-Populationen unsere Haut. Viele von ihnen schützen uns und bilden Barrieren gegen gefährliche Erreger.

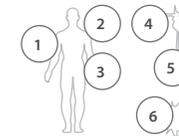
Manche produzieren Antibiotika-ähnliche Stoffe. Andere wehren Viren ab. Von besonderer Bedeutung sind Bakterien, die unsere Nahrung erst in für uns absorbierbare Bestandteile zerlegen und dazu Vitamine abliefern. Dabei kommunizieren sie ausgiebig, ganz von „Einzeller zu Einzeller“, mit unseren Darmzellen. Es wird vermutet, dass sie so unseren Verdauungstrakt direkt und auch unser Verhalten indirekt beeinflussen. Sie stehen sogar im Verdacht für viele Fälle von Autismus verantwortlich zu sein. Man kann sie jedenfalls mit Sicherheit als unser **„ausgelagertes Organ“** betrachten. Ohne dem wären wir kaum lebensfähig. Die Populationen passen sich unseren veränderten Umwelt- und

Ernährungsgewohnheiten an. Stress, zu wenig Bewegung und ungesunde Ernährung schwächen sie.

Gesamtökologische Sicht

Je genauer man in und zwischen Körperzellen schaut, desto mehr Bakterien und ehemals speziessfremde Organellen tummeln sich da. Je mehr man den Begriff der Symbiose lockert und man die Vielzahl gegenseitiger Abhängigkeiten und Durchdringungen betrachtet, desto durchlässiger werden die Grenzen von Individuum und Art.

Dafür werden immer mehr Stoffwechsel-Verflechtungen innerhalb der Biologie sichtbar. Letztlich ist es irrelevant, ob ein gewünschter Vorgang durch einen einzelnen Organismus oder eine symbiotische Gemeinschaft erledigt wurde. Es macht keinen Unterschied, ob Funktionen durch eine Art mit allen dafür benötigten Genen ausgestattet, oder durch mehrere Arten mit nur einzelnen Genen bestückt, abgewickelt werden kann. Das Ergebnis zählt. Auffallend oft spielen „einfache“ Organismen wie **Bakterien und Pilze** grundlegende Rollen. Als leistungsstarke Stoffwechsler übernehmen sie häufig wesentliche **Schnittstellen-Funktionen.**



Abbildungen

1. Hautflora [Martin Oeggerli©, <http://www.micronaut.ch>, 5.1.2015]
2. Mundraumflora [Martin Oeggerli©, <http://www.micronaut.ch>, 5.1.2015]
3. Darmflora [Martin Oeggerli©, <http://www.micronaut.ch>, 5.1.2015]
4. Hummel [http://www.mirko-heimburger.de/images/fotogal/hummel/hummel_large/hummel_L_001.jpg]
5. Mykorrhiza [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Mycorrhizal_root_tips_%28amanita%29.jpg]
6. Grünalge [http://botit.botany.wisc.edu/Resources/Botany/Fungi/Lichens/Macerated%20%20lichen/Trebouxia.jpg, 5.1.2015]

Quellen:

- [Wikipedia, 27.12.2014, Flechte, de.wikipedia.org/wiki/Flechte, 15.1.2013]
 [Wikipedia, 27.12.2014, Mykorrhiza, de.wikipedia.org/wiki/Mykorrhiza, 15.1.2013]
 [Die Welt, Brigitte Röthlein, Unser Körper ist ein gigantischer Bakterienzoo, 30.9.2013, www.welt.de, 28.12.2014]



Eine Gallwespe injiziert eine hormonähnliche Substanz in eine Knospe und leitet so deren Umbau durch neues Wachstum ein.



Ausgebildete Rosengalle mit Eiern im Inneren



Kammern einer Rosengalle mit Larven im Winter, Schnitt



Kammern einer Rosengalle mit Larven im Winter



Weitere Beispiele von Pflanzengallen, von jeweils verschiedenen Insekten an verschiedenen Pflanzenarten

Hormonelle Fernsteuerung

Manche Insekten bauen sich ein Haus, indem sie Pflanzen umprogrammieren. Gallerzeuger können durch Abgabe hormonartiger Stoffe die Körperentwicklung geeigneter Wirtspflanzen zu verändertem Wachstum (☛ Seite 61) anregen und sich so maßgeschneiderte Hohlräume (Gallen) wachsen lassen. Diese bieten ihnen Nahrung, ein passendes Klima und Schutz vor Feinden. Die von ihnen eingesetzten biochemischen Stoffe können das Pflanzenwachstum an gezielter Stelle steigern, es hemmen oder sogar zur Heilung pflanzlichen Gewebes anregen.

Andere Art – andere Galle

Je nach gallerzeugender Art und deren bevorzugter Wirtspflanze, bringt das Gallenwachstum andere Strukturen und Formen hervor – mal ist die Galle eine filzige Wucherung (Trichome, ☛ Seite 75), mal knospen- oder knollenartig, mal eine Blattrollung bzw. -faltung. „Beutelgallen“ entstehen z.B., wenn sich durch Gewebestreckungen an einer Blattseite große Kammern ausbilden. Je nach Gallenart, bildet sich Gewebe aus wie es auch normalerweise bei der Pflanze vorkommt, oder es differenziert sich sogar ein neuer Gewebetyp aus, der im regulären Bauplan der Pflanze so nicht vorgesehen ist.

Außen hart – innen weich

Offenbar lässt sich sogar das Wachstum von Gallinnenwand und Außenwand gezielt steuern. Während die Kammer innen bis zuletzt aus weichem Gewebe besteht, ist außen reichlich Tannin eingelagert, was die Festigkeit erhöht und den Schutz vor Fressfeinden erhöht.

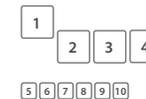
Rosengallwespe

Zu den bekanntesten Gallerzeugern zählt die Rosengallwespe *Diplolepis rosae*. Im Frühling injiziert sie ihre Eier in die Mittelrippen knospender Blätter. Die Larven schlüpfen nach einer Woche und beginnen zwischen Blattober- und Unterschicht zu fressen. Dabei geben sie auf noch ungeklärte Weise die relevanten Biotika ab. Die Blattzellen reagieren sofort mit Zellvermehrung und Gewebevergrößerung. Nach ein bis zwei Monaten hat sich eine zwei bis fünf cm große Galle mit mehreren Kammern entwickelt, in denen die Larven bequem überwintern können. Im nächsten Jahr bahnen sich die Tiere mit ihren Beißwerkzeugen einen Weg ins Freie.

Insekten-Motels

Vor allem die geräumigen Beutelgallen sind beliebte Unterschlüpfe in der Insektenwelt. Es

gibt mehrere Arten die, ohne selbst Gallen bilden zu können, die leerstehenden Gallen besiedeln. Teilweise überwintern sogar Gallbildner und Gallmitbenutzer gemeinsam. Neben den Gallbildnern gibt es auch Pflanzenarten, die, um für ihre Verdauung (☛ Seite 85) benötigte Stoffe erhalten, Insekten den Wohnraum gleich „bezugsfertig“ bereitstellen.



Abbildungen

- Gallwespe [http://www.wou.edu/~baumgare/Diplolepis_rosae.html, 19.4.2015]
- Rosengalle Sommer [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Diplolepis.rosae.7017.jpg, 20.12.2014]
- Rosengalle mit Kammern [commons.wikimedia.org/wiki/Diplolepis_rosae, 4.4.2015]
- Rosengalle Winter [http://www.berliner-seiten.de/ganz-nah/files/2012/12/10-DSCN0289.jpg, 20.12.2014]
- Beispiel Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Gall_of_Japanagromyza_inferna_in_Centrosema_virginianum_L_-_ZooKeys-374-045-g006.jpg, 19.4.2015]
- Beispiel Pflanzengalle [upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Hálka_Kórovnice_smrekovej.JPG, 19.4.2015]
- Beispiel Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Apiomorpha_con, 19.4.2015]
- Beispiel Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Gall_on_Douglas-fir_branch_%282059860195%29.jpg, 19.4.2015]
- Beispiel Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/Diastrophus_rubi_%28Gall_wasp_sp.%29_gall%2C_Arnhem%2C_the_Netherlands.JPG, 19.4.2015]
- Beispiel Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Eriophyes_tilae_tilae_close_up.JPG, 19.4.2015]

Positiver Gravitropismus:
Ein Keimling löst in horizontaler
Lage vermehrtes Wachstum
an der Sprossunterseite aus.
Der Spross richtet sich nach oben.



Venus-Fliegenfalle auf der Lauer:
Zwei Berührungen binnen
zwanzig Sekunden an einem
Sinneshärchen und die Falle
schnappt zu.



Sensoren

Allmählich wird bekannt, wie erstaunlich reichhaltig das pflanzliche Arsenal an Sinnen, Verarbeitungsmustern und Handlungsstrategien ist. Für tierisches bzw. menschliches Sehen, Hören und Riechen gibt es pflanzliche Entsprechungen. Pflanzliche Aufmerksamkeit gilt dabei ganz dem Himmel, denn von hier kommt ihre Nahrung. Blätter und Stämme sind deshalb von augenähnlichen Sensoren überzogen. Nehmen sie stahlend hellen Himmel wahr, läuft der Pflanze „das Wasser im Mund“ zusammen. Sehen Pflanzen jedoch zuviel Grün bedeutet dies unerwünschte Konkurrenz. Dass Pflanzen häufig als Leben auf halber Höhe gesehen werden, hat nicht zuletzt damit zu tun, dass ihr metabolisches Energiekonzept verglichen mit unserem auf dem Kopf steht und wir sie deshalb schwer verstehen können. Sie sehen z.B. nicht fokussiert, sondern achten nur auf Richtung, Farb- und Helligkeitswerte. Sie können ihren Standort zwar nicht verlassen, aber sie können sich dennoch bewegen, nur meist sehr langsam. Sieht man sich im Zeitraffer die Rankenbewegungen der schmarotzenden Seide an, wenn sie ihre Beute „erschnuffelt“ hat, dann erkennt man schnell die „Raubpflanze“. Pflanzen sind viel aktiver als wir denken.

Signalverarbeitung

Signalgeber informieren über alles mögliche. Eiweißrezeptoren z.B. melden einer fleischfressenden Pflanze, um welche Art Beute es sich handelt. Je nach Sensortyp sendet er fein abgestufte oder klare Ja-Nein-Reize aus und informiert über Reizintensität, Zeitintervalle und Veränderungen, die je nach Logik-Schema verknüpft werden und ein Ergebnis liefern, das nun Aktionen auslöst. Das kann eine einfache Bewegung (☛ Seite 73) oder die Ausschüttung von Hormonen sein, die eine Kaskade weiterer Entwicklungen anstößt. Manche Reiz- und Aktionssignale werden dabei über sog. Aktionspotentiale versandt, ähnlich der Nervenübertragung bei Tieren.

Licht

Pflanzen sind Profis darin, im Licht zu „lesen“. Signalempfänger sind Pigmente und Photorezeptor-Proteine wie Cryptochrom und Phototropin. Damit reagieren sie auf bestimmte Lichtspektren, messen die Lichtstärke und können sogar die Position der Sonne und ihren Verlauf bestimmen. Viele Pflanzen können auch Frequenzlücken erkennen und sehen so, ob sich andere Pflanzen zwischen sie und das

Licht schieben. Dann setzen die meisten mittels verstärktem Längenwachstum zur „Schattenflucht“ an. Lianen „sehen“, wo kein Licht ist und finden so ihren Stützbaum.

Gravitation

Wo oben und unten ist, erkennt bereits der noch blinde Keim. Kleine Körnchen im Zellinneren (Statolithen) melden die Lage des Organs. Das Wachstumshormon Auxin korrigiert nun durch asymmetrisches Sprosswachstum die Wachstumsrichtung. Die Sprossachse wächst wieder nach oben (positiv gravitrop). Die Hauptwurzel wird in weiterer Folge senkrecht nach unten (negativ gravitrop), Wurzeln und Äste zweiter Ordnung werden zur Seite (transversal gravitrop) wachsen.

Und viele mehr ...

Blütenblätter öffnen sich bei Wärme und schließen sich bei Nacht. Pflanzen erkennen, wo und wie feucht es um sie herum ist. Sie schmecken die Konzentration von Kohlendioxid oder Sauerstoff. Sie messen die Häufigkeit von Ereignissen wie Berührungen oder Erschütterungen und vieles mehr.

1
2

Abbildungen

1. Schwerkraft fühlen [www.spacebio.uni-bonn.de/ahp/Parabel/Par_images_42ESA/Graviresp_BIG.JPG, 2.1.2015]
2. Berührung spüren, [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/dc/Dionaea-muscipula-Ausloeseborste-Mikroskopaufnahme.jpg, 2.1.2015]

Quellen:

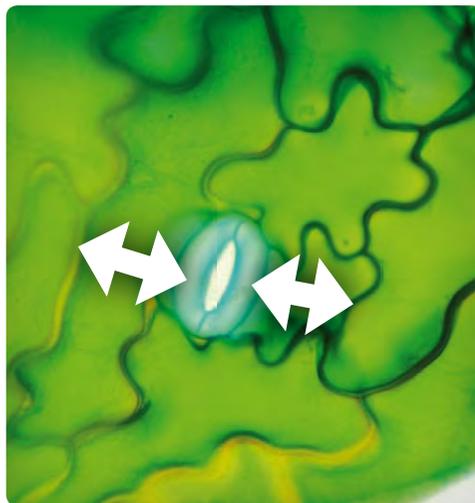
- [Die Pflanze – Moderne Konzepte der Biologie, Jürg Stöcklin, Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen, Bern, Verlag BBL 2007]
[Wikipedia, 2.1.2015, Pflanzenbewegung, de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenbewegung, 7.12.2014]
[Wikipedia, 2.1.2015, Turgor, de.wikipedia.org/wiki/Turgor, 3.8.2014]

Nastie durch Wachstum bei der Tulpe:
 Wärme und Kälte lösen Wachstum
 an der Blattansatzoberseite bzw.
 -unterseite der Tulpenblüte aus
 (Thermonastie), was zu Öffnungs- und
 Schließbewegungen führt.



Tropismus durch Wachstum bei der Seide:
 Die Seide erkennt ihre Wirtspflanze
 anhand chemischer Reize
 (Chemotropismus). Vermehrtes Wachstum
 an der Rankeninnenseite führt zu
 Umschlingungsbewegungen.

Nastie durch Turgor:
 Die pflanzlichen Atmungsporen
 öffnen und schließen sich mittels
 veränderten Zelldrucks. Eine
 Kombination aus Photo-, Thermo-
 und Hydronastie.



Tropismus durch Turgor bei der Sonnenblume:
 Blaue Lichtanteile (Heliotropismus)
 führen zur Freisetzung von Kalium in
 spezialisierten Zellen. Die saugen sich
 nun mit Wasser voll. Der Blütenkopf wird
 hydraulisch in Richtung Sonne gedreht.

Bewegung

Mobilität und Beweglichkeit werden mehrheitlich als Domäne der Tiere gesehen. Wir besitzen tatsächlich viele Muskeln und die dazu passenden Gefäße. Dazu kommt der richtige Skelettapparat. Zusammen machen sie einen Großteil der Körpermasse aus und verbrauchen viel Energie. Im Gegensatz zu Tieren sind Pflanzen vergleichsweise immobil, weil sie verwurzelt sind. Sie haben aber ein reichhaltiges Spektrum an Bewegungseinrichtungen. Pflanzen recken sich im Wachstum nach oben, drehen Blätter der Sonne nach, graben im Boden nach Nährstoffen, umschlingen ihre Nachbarn und klettern Wände hinauf. Sie besitzen Klapp- und Schussvorrichtungen. Ihre Samen fliegen in Schwärmen umher.

Bewegung durch Wachstum

Was ihnen vordergründig an Geschwindigkeit und Mobilität fehlt, machen sie mit flexibler und angepasster Körperentwicklung wett. Während sich Mensch und Tier schnell und frei bewegen können, aber ein körperlich eng definiertes Bewegungsrepertoire haben, können Pflanzen ihre ganze Körpergestalt fortlaufend verändern. Als „Lichtfresser“ nutzen Pflanzen diese Fähigkeit in erster Linie um möglichst große Körperteile in Richtung Sonne zu „bewegen“. Der Kampf um sonnenbeschienene Erdoberfläche ist hart. Während Bäume viel Biomasse auf das Wachstum von Skeletten verwenden und dabei ihren

Grundbauplan freizügig auslegen können, schlängen sich andere durch Kreiselbewegungen, die durch einseitiges Pflanzenwachstum entsteht, an ihnen empor. Auch Blätter, Zweige und Wurzeln ändern ihre Wachstumsrichtung nach Bedarf.

Bewegung durch Turgor

Manche Pflanzen haben beinahe so etwas wie „Muskeln“. Sie können reversible Bewegungen ausführen. Durch Änderung des Osmosewerts in ihren Zellen können diese Wasser aufsaugen oder ablassen. Je nach resultierendem Zelldruck (Turgor) und der Steifigkeit des umgebenden Gewebes findet eine hydraulische Bewegung statt. So bewegen sich die Blüten der Sonnenblume der Sonne nach. Auch die in den Blattachseln der Mimosen sitzenden Gelenke funktionieren so. Die Atmungsöffnungen der Pflanzen, die Stomata an der Blattunterseite, werden ebenfalls per Turgor geöffnet und geschlossen.

Tropistische Bewegungen

Pflanzliche Bewegungen werden primär danach unterschieden, ob sie ihrer Ausrichtung nach in immer gleicher Bahn erfolgen, wie etwa ein Scharnier, oder ob sie der Richtung des Reizes frei folgen können. Letztere sind die tropistischen Bewegungen, wie es die erwähnte Ausrichtung der Sonnenblumenblüten, das Sprosswachstum gegen die Schwerkraft oder das Wurzelwachstum

in Schwerkraftrichtung ist. Diesen Bewegungen wird stets der auslösende Reiz zugeordnet. Es gibt unter anderem folgende Tropismus-Arten:

- Phototropismus, z.B. Sprosswachstum zum Licht
- Skototropismus, Reaktion auf Schatten, z.B. bei Lianenarten
- Heliotropismus, dem Lauf der Sonne folgend, z.B. bei der Sonnenblume
- Gravitropismus, Wachstum nach unten, z.B. Wurzelwachstum
- Transversaltropismus, Wachstum zur Seite, z.B. Äste und Wurzeln zweiter Ordnung
- Chemotropismus, Reaktion auf Wasser, Nähr-, Duft- oder andere Stoffe
- Thigmotropismus, Reaktionen auf Berührungen, z.B. die Zupackbewegung bei Ranken

Nastische Bewegungen

Dies sind Pflanzenbewegungen, die immer gleich erfolgen. Ein berühmtes Beispiel ist der Klappmechanismus der Venus-Fliegenfalle. Wichtige Nastie-Arten sind:

- Thermonastie, z.B. das Öffnen & Schließen von Blüten durch Temperaturänderung
- Photonastie, z.B. das Öffnen & Schließen von Blüten durch Lichtveränderung
- Chemonastie, z.B. Tentakelbewegungen des Sonnentaus in Richtung Wirtspflanze
- Seismonastie, Reaktion auf Erschütterungen,

z.B. Venus-Fliegenfalle

- Thigmonastie, Druck- oder Spannungsreaktion, z.B. Reaktionsholzbildung bei Bäumen
- Hydronastie, Reaktion auf Feuchtigkeit bzw. Trockenheit

Autonome Bewegungen

sind rein endogen gesteuerte Bewegungen, wie die kreiselnde Wachstumsbewegung von Sämlingen oder das schindelgleiche Öffnen und Schließen von Zapfenschuppen je nach Feuchtigkeit der äußeren Zellschichten.



Abbildungen

1. Tulpe [www.biolib.de, 2003, Kurt Stüber©, http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/herbarium/high/tulpe_bluete_offen_1_600.jpg, 1.5.2015]
2. Seide [upload.wikimedia, org/wikipedia/commons/c/c2/Cuscuta_europaea_2005.06.12_15.07.24.jpg, 2.1.2015]
3. Stoma [<http://img5.fotos-hochladen.net/uploads/121028stachelnpurw9-m3i0.jpg>, 5.1.2015]
4. Sonnenblume [www.wallpaper-gratis.eu/jahreszeiten/sommer/sonnenblume003_1024x768.jpg, 2.1.2015]

Quellen:

- [Die Pflanze – Moderne Konzepte der Biologie, Jürg Stöcklin, Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen, Bern, Verlag BBL 2007]
 [Wikipedia, 2.1.2015, Pflanzenbewegung, de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenbewegung, 7.12.2014]
 [Wikipedia, 2.1.2015, Turgor, de.wikipedia.org/wiki/Turgor, 3.8.2014]

Schutzhaare der italienischen Ochsenzunge



Baumwollfaser



Baumwolle



Drüsenrichom, Cannabisblüte



Saugschuppen, Tillandsie

Trichome

Sie gelten in ihrer verbreitetsten Form als die pflanzliche Version des Haares, weshalb sie auch als Pflanzenhaare bezeichnet werden. Analog zum Tierreich, wo es auch zu Stacheln umfunktionierte Haare gibt, kennt auch die Pflanzenhaarewelt eine Vielzahl an Formen, Strukturen und Funktionen.

Konstruktion

Trichome sind Sonderformen pflanzlicher Epidermalzellen. Sie sind häufig nur einzellig, werden aber teils um ein Zehnfaches größer als ihre Zellnachbarn. Ihre Funktionen können extrem verschieden sein. Dennoch vereint sie ihr grundlegender Aufbau:

- Im Gegensatz zur hohen Plastizität des Pflanzenkörpers sind Trichome dem Wuchs nach immer gleich.
- Sie sind meist für eine spezielle Aufgabe konstruiert.
- Ihre DNA-Konzentration und damit auch ihre Leistungsfähigkeit kann um ein Vielfaches höher sein als die der anderen Zellen.
- Spezielle Genvorgänge steuern ihre Verteilung an der Pflanzenoberfläche, dosieren und organisieren sie.

Anordnung

Trichome können vereinzelt, in Strukturen oder dicht-an-dicht stehen. Je enger sie aneinander rücken, desto fellartiger ist die Erscheinung. Allerdings sind es weniger wärmedämmende als ihre lichtbrechenden Eigenschaften, die erwünscht sind. Durch die Streuung des Lichts wird übermäßiger Hitzeentwicklung und einer Schädigung durch UV-Strahlen vorgebeugt.

Ausprägungen

Unter den Trichomen gibt es zahlreiche Spezialisierungen mit wichtigen Funktionen. Da sie zudem auf allen Pflanzenorganen vorkommen können, übernehmen sie eine Vielzahl verschiedener Aufgaben. Ihre Bezeichnungen orientieren sich an Form, Funktion und anderen Eigenschaften. Zu den wichtigsten Vertretern zählen:

- Drüsentrichome halten u.a. schädliche Insekten durch Abgabe ätherischer Öle fern oder locken nützliche mittels Nektarabgabe (Nektarien) an. Hydathoden sind auf Wasserabgabe spezialisiert (Guttation).
- Absorptionstrichome nehmen atmosphärisches Wasser aus Nebel und Tau auf (Tillandsie).

- Wurzeltrichome sind unterirdische Absorptionstrichome und dienen der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen.
- Sensortrichome senden z.B. wie die Fühlhaare der Venusfliegenfalle bei Bewegung Reize aus.
- Schutztrichome bieten mechanischen oder biochemischen Schutz durch z.B. verkieselte Stacheln und/oder Wirkstoffe.
- Brenntrichome dienen der Abwehr mittels Spitzen, Haken und brennenden, nesselnden Wirkstoffen (z.B. Brennnessel).
- Abgestorbene Trichome sind meist mit Luft gefüllt und erscheinen daher oft weiß. Sie dienen häufig als UV-Schutz. An Samen (Baumwolle) helfen sie bei der Verbreitung durch die Luft oder der besseren Verankerung im Boden.

Quellen

[Prof. Rainer Hedrich, Botanik Universität Würzburg, Artikel zur Sendung „Grüne Fleischfresser“, 15.7.2012, www.daserste.de/information/wissenskultur/sendung/2012/fleischfressende-pflanzen-106.html, 20.12.2014]



1. Stachelige Schutzhaare bei der Italienischen Ochsenzunge [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Anchusa_azureas_tallo.jpg, 1.5.2015]
2. Baumwollfasern unter dem Mikroskop [http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop102030947/1129569168-c116x9-w780-aoriginal-h438-l0/basf1-BM-
3. Feld mit reifer Baumwolle [http://4.bp.blogspot.com/-XRpuWkJDu3U/T4XHOa_6H1I/AAAAAAAAAlo/nftoiqoTE/s1600/2009-0652%255B1%255D.jpg, 1.5.2015]
4. Drüsentrichome der Cannabispflanze [www.laborwelt.de/fileadmin/dateien/Bilder_der_Woche/2012_08_09_cannabis.jpg, 4.4.2015]
5. Absorptionshaare Tillandsie [Martin Oeggerli©, <http://www.swissinfo.ch/blob/656202/6b00499d4959452ef6213ae42746bedf/sriimg20080509-9071307-0-data.jpg>, 5.1.2015]



Biolumineszenz

Das blauweiße Licht der
Aurelia aurita

Lichterzeugung

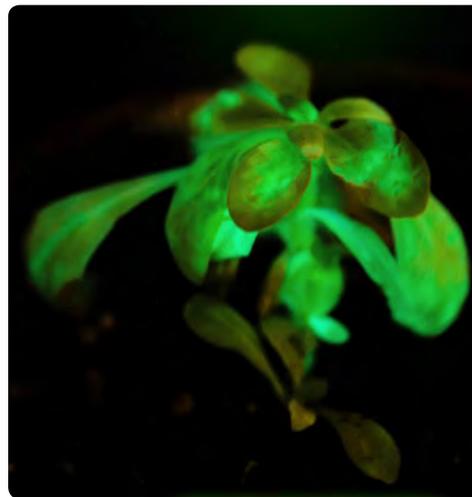
Das Phänomen der Biolumineszenz wurde dreißig mal unabhängig voneinander erfunden und immer ähnlich gelöst. Der Vorgang findet im Zellplasma oder in spezialisierten Organellen statt: Ein Enzym (Luciferase-Katalysator) oxidiert geeignete Moleküle, sogenannte Luciferin-Leuchtstoffe. Die beginnen nun in einem schmalen Frequenzband Licht zu emittieren. Die in der Natur vorkommenden Farben reichen von Blau über Grün bis zu Orange und Gelb. **Setzt man die Lichtbänder aller existierenden Biolumineszenzen nebeneinander** ergeben sie erstaunlicherweise den gesamten für Menschen sichtbaren Wellenlängenbereich von 470–635 nm – also **weißes Licht**.

Leuchtende Einzeller

Das einzellige und bis zu 2 mm riesige Dinoflagellat *Noctiluca scintillans* absorbiert als Phytoplankton photosynthetisch Licht und kann es mittels kleiner spezialisierter Organellen (Szintillions) als blaues Licht wieder abstrahlen und so das Meer zum Leuchten bringen.

Leuchtende Tiefseeorganismen

Viele luminiszierende Bakterienarten kommen in der Tiefsee vor, wo fast alle Organismen Biolumineszenz betreiben. Häufig in Symbiosen (👉 Seite 67) mit anderen Arten, werden sie von diesen z.B. in „Leuchtorganen“ gehalten.



Leuchtende Käfer

Auch die Insektenfamilien der Leuchtkäfer, darunter das Glühwürmchen und der Leuchtschnellkäfer, besitzen Leuchtorgane. Ihr Licht ist gelblich bis grünlich. Die ideale Umgebungstemperatur für ihre Form der Luciferase-Katalyse beträgt 23–25 °C.



Natürliche Biolumineszenz bei Dinoflagellaten und dem Leuchtkafer.

Mittels eingeschleuster Gene in zum Teil verschiedenen Farben zum Leuchten gebracht: Tabakspflanze und GloFish®-Zebrafärblinge (Handel in Europa verboten).

1	2	3
	4	5

Abbildungen

1. Leuchtende Quallen [24.4.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Aurelia_aurita_%28auge24eu%29.jpg]
2. Dinoflagellaten [30.12.2014, <http://strangesounds.org/2014/01/mysterious-natural-phenomenon-stressed-plankton-colors-ocean-with-eriee-neon-blue-glowing-light.html>]
3. Leuchtkafer [30.12.2014, <http://nextdoornature.files.wordpress.com/2011/07/firefly-by-jessica-lucia-cc.jpg>]
4. Genetisch veränderte Leuchtspflanze [24.4.2015, <http://images01.futurezone.at/glowingplant.jpg/46.218.1211>]
5. Genetisch veränderte Fische, GloFish® [1.2.2015, http://www.glofish.com/files/Updated_Slide3_v2.jpg]

Quellen
 [www.Pflanzenforschung.de, 29.12.2014, www.Pflanzenforschung.de __ Stromsparen mit leuchtenden Pflanzen Haben auch Energiesparlampen bald ausgedient_.pdf, 12.6.2013]
 [Wikipedia, 29.12.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/Biolumineszenz>, 6.11.2014]
 [Wikipedia, 29.12.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtorgan>, 10.12.2014]
 [Wikipedia, 29.12.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/Luciferine>, 27.12.2014]

Thermogenese



Die Blüte des Aronstabs bringt sich mittels chemischer Kurzschlussreaktion auf kontrollierte 38–46°C.



Frostschutz

Eingelagerte Proteine, Alkohole und Kohlenhydrate können Pflanzen extrem frostbeständig machen. Nadelbäume und einige Grasarten sind sogar in der Lage, bei Frost weiterhin Photosynthese zu betreiben.



Wärmebild Säugetier (Hund). Die Oberflächen unisolierter Bereiche weisen beinahe Kerntemperatur auf.

Thermoregulierung & Frostschutz

Menschen entstammen den Tropen. Die für uns „artgerechte“ Umgebungstemperatur beträgt etwa 27°C. Das ist jene Temperatur, mit der wir uns unter unserer Bekleidung auf unserer Haut wohl fühlen. Wird es zu kalt, müssen wir uns entweder besser isolieren oder wir erwärmen unsere ganze Umgebung und dämmen deren Außengrenzen mit aufwändigen Systemen. Auch die Biologie hat interessante Konzepte der Wärmeerzeugung (Thermogenese) entwickelt.

Tierischer Wärmehaushalt

Der im Vergleich zu kaltblütigen (heterothermen) Tieren flexiblere, aber gegenüber Temperaturschwankungen empfindlichere Metabolismus warmblütiger (homoiothermer) Tiere hält den Körper durch komplizierte Steuerungsmechanismen (Thermoregulierung) mittels Wärmezufuhr durch Stoffwechselvorgänge in den inneren Organen und der Beanspruchung unserer Muskulatur auf konstanter Körperkerntemperatur.

Der tatsächliche Energieverbrauch wird durch zahlreiche Einsparungsstrategien (Nachtschlaf, Winterschlaf, Hungerstarre bei Vögeln und kleinen Säugern), Fetteinspeicherung, Verhalten (Ruhepausen, Krafteinteilung) und körperlich-physikalischen Faktoren (Masse-Oberflächen-Volumsverhältnis, Haarkleid, Verdunstung) möglichst niedrig gehalten.

Heiße Pflanzen

Pflanzen geben normalerweise alle bei der Photosynthese anfallende überschüssige Energie rasch wieder an ihre Umgebung ab. Einige Arten, darunter die Aronstäbe und ihnen nahverwandte Philodendrenarten, können zur besseren Geruchsübertragung von Lockstoffen ebenfalls Thermogenese betreiben. Dabei wird in Stärke gespeicherte Energie genutzt, um Blüten oder Blütenteile zu erwärmen. Philodendronblüten erwärmten sich bei Tests mit 4°C Umgebungstemperatur auf 38°C bzw. 46°C. Die Atmungsintensität liegt bei 200 bis 400 µL CO₂/h,mg Trockenmasse, was einer Wärmeleistung von 0,16 kW/kg heizenden Gewebes entspricht, die damit sogar über der des hochaktiven Metabolismus von Spitzmäusen liegt. Das Gen mit dem Pflanzen diese Heizung an- und abstellen können, wurde bereits identifiziert. Nun wird der Auslösemechanismus erforscht. Die indische Lotusblume kann ihre Erwärmung sogar in Abhängigkeit zur Außentemperatur regulieren und liefert damit einen Fall von Thermoregulation.

Pflanzen mit Frostschutz

Pflanzen sind sehr unterschiedlich frostempfindlich. Tropische Pflanzen können schon bei 10°C absterben, weil ihre Lipide zähflüssig werden. Gegen den Gefriertod gibt es zahlreiche biologische Konzepte:

- Abwurf frostempfindlicher Organe (Blätter) die dann z.B. gleichzeitig zur Isolierung des Wurstocks verwendet werden können.
- Gefrierpunktniedrigung auf minus 5°C durch Stoffeinlagerungen im Zellsaft oder Verdickung des Zellsafts durch Wasserentzug
- Gefrierbeständigkeit bis minus 20°C durch Bildung kältestabiler Lipide und kristallisationsverhindernder Schutzproteine (AFPs).
- Vitrifikation: bis minus 100°C und darunter durch Verglasung der Zellräume mittels starker Einlagerung von Kohlenhydraten (z.B. einige Baumarten).

Photosynthese bei Minus-Graden

- Nadelbäume bis minus 5°C
- Flechten bis minus 15°C.



Abbildungen

1. Gras und Schnee [30.3.2015, ostern.bilderu.de/bilder/ostern-4-c.jpg]
2. Aronstab-Gewächs [15.2.2015, <http://www.atlantbieri.ch/2011/02/eine-heisse-pflanze.html>]
3. Infrarotaufnahme Aronstab-Gewächs [15.2.2015, <http://www.atlantbieri.ch/2011/02/eine-heisse-pflanze.html>]
4. Infrarotaufnahme Hund [15.2.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Infrared_dog.jpg]

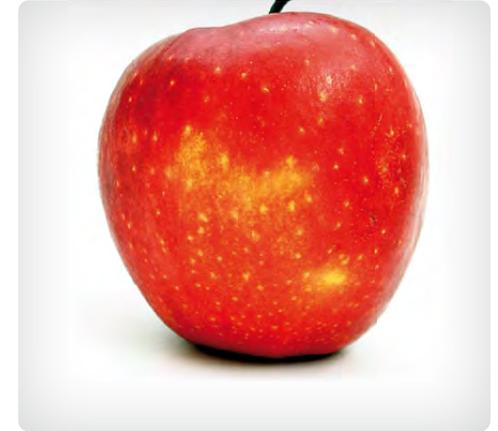
Quellen:

- [Wikipedia, 29.12.2014, Thermoregulation, de.wikipedia.org/wiki/Thermoregulation, 24.9.2014]
 [Wikipedia, 29.12.2014, Thermogenese, de.wikipedia.org/wiki/Thermogenese, 15.12.2014]
 [Berliner Zeitung, Ausgabe 21.5.1997, Sabine Strecker, Artikel: Manche Pflanzen erzeugen Eigentemperaturen von über 40 Grad Celsius. Ihre Wärme gleicht derjenigen von Vögeln., Webarchiv 29.12.2014]
 [atlant, 29.12.2014, <http://www.atlantbieri.ch/2011/02/eine-heisse-pflanze.html>, 13.2.2011]
 [Wikipedia, 28.12.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese>, 6.1.2015]
 [Pflanzen mit Wärmeregulation, Spektrum.de, Prof. Dr. Roger S. Seymour, 1.5.1997, www.spektrum.de/alias/dachzeile/pflanzen-mit-waermeregulation/824355, 30-3-2015]



Tierischer Energiespeicher

Menschen und Tiere können Energie nur in Fetten langfristig speichern. Polare Arten isolieren sich auch damit.



Pflanzlicher Energiespeicher

Apfel, Pimpernuss, Kürbis, Zwiebel, Maiskorn und Kartoffel speichern Energie in Form von Stärke und Fetten in verschiedenen Anteilen

Energiespeicher & Wandler

Um gefährliche Schwankungen von verfügbarer Energie auszugleichen, haben Tiere und Pflanzen zahlreiche Energiepuffer und Speicherdepots für bei Photosynthese (☛ Seite 59) gewonnener energiereicher Biomasse entwickelt.

Pflanzen-Energiespeicher

Sie helfen Pflanzen, Kälteperioden zu überdauern und den Metabolismus danach wieder in Schwung zu bringen. Die meisten liegen gut geschützt unter der Erde. Es gibt verschiedene Ausprägungen:

- Knollen sind Verdickungen der Wurzeln (z.B. Maniok) oder Sprossachsen (z.B. Kartoffel)
- Zwiebeln sind gestauchte Sprosse, mit speichernden, verdickten Blättern
- Wurzelstöcke und Rhizome (unterirdische Sprossachsen bzw. Wurzelsysteme) mit Speicherfunktion

Pflanzen-Starterpakete

Zur Versorgung mit Energie in der ersten Wachstumsphase bekommen viele Samen ein Nährstoffpaket (Endosperm) von ihrer Mutterpflanze mit. Ein Beispiel ist der Mehlkörper des Weizenkorns. Bedecktsamer können zusätzlich Früchte (Perikarpe) ausbilden, die die Samen umschließen. Sie bestehen aus drei Schichten (von außen nach innen: Exokarp, Mesokarp und Endokarp) und übernehmen neben

Schutzfunktionen die zusätzliche Versorgung mit Nährstoffen. Fruchtarten sind Obst- und Beerenfrüchte, Schoten- und Hülsenfrüchte, Nüsse und Kürbisse. Letztere können enorme Größen erreichen, die im Pflanzenreich einmalig sind. Die Konstruktion der meisten Früchte schützt die eingeschlossenen Nährstoffe wochen- und monatelang vor Fraß, Zerfall und Abbau durch Reduzenten. Sie sind unerreichte Vorbilder für die Verpackungsindustrie.

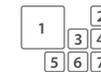
Tierische Energiespeicher

Kurzzeitige Energieschwankungen werden in tierischen Körpern durch Organe wie der Leber ausgeglichen. Engpässe oder Überschüsse, die solche Kurzzeitpuffer überfordern, führen zur Umwandlung von Reserven. Diese werden bei den meisten Tierarten in Form von Fetten (38 MJ/kg) im Bindegewebe gespeichert. Bei Menschen liegt der Fettanteil an der Gesamtkörpermasse im Mittel zwischen 5 und 25%. Zahlreiche polare Arten sind wesentlich fettreicher. Sie setzen Körperfett aufgrund der schlechten Wärmeleiteigenschaften auch als Dämmmaterial und als pufferndes Schutzschild ein.

Bio-Akku

Organische Energiedepots dienen der aktuellen Erforschung umweltfreundlicher Batterien als Vorbild. Ein US-Forscherteam stellte Anfang 2014

ein Akku-Konzept vor, das mit einer Maltodextrinlösung funktioniert. Eine Reaktionskette aus dreizehn verschiedenen Enzymen bringt dabei Glukosemoleküle dazu, Elektronen abzugeben. Die versprochene Energiespeicherdichte ist dabei zehnmal höher als die von Lithium-Ionen-Akkus. Mögliche Einsatzgebiete sind Smartphones und Elektroautos. Mit den Wandleraggregaten solcher Akkus ließe sich demnach auch Strom direkt aus pflanzlichem Zucker beziehen und überschüssige Energie in kompakter Form in Zucker speichern.

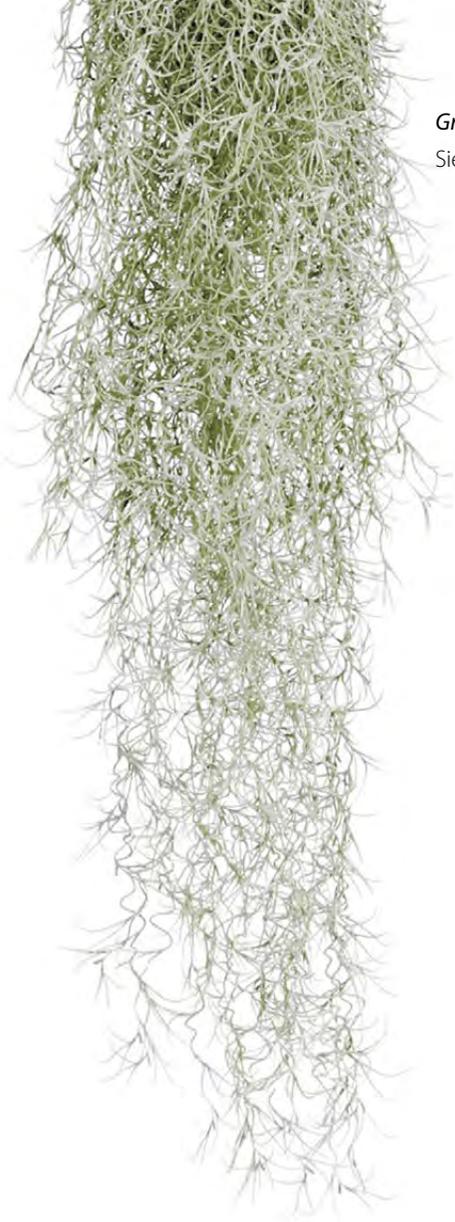


Abbildungen

1. Seehund [27.12.2014, forum.runnersword.de]
2. Apfel [24.4.2015, www.lebensmittelfotos.com/wp-content/gallery/obst_frei/roter_apfel.jpg]
3. Pimperuss [24.4.2015, http://file1.npage.de/003296/78/bilder/staphylea_pinnata_1.jpg]
4. Kürbis [24.4.2015, http://www.cheesexdeath.com/wp-content/uploads/2013/10/IMG_5311.jpg]
5. Zwiebel [24.4.2015, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/onion_cut.jpg]
6. Maiskorn [24.4.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Ab_food_06.jpg]
7. Kartoffel [27.12.2014, www.sieben-sterngedanken.de/seiten/tl_file/06_themen/Selbstversorgung/kartoffel_am_feld_hq.jpg]

Quellen:

- Pflanzenknolle [Wikipedia, 27.12.2014, de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenknolle, 12.11.2014]
 Frucht [Wikipedia, de.wikipedia.org/wiki/Frucht, 22.6.2014]
 Endosperm [Wikipedia, 27.12.2014, de.wikipedia.org/wiki/Endosperm, 3.4.2013]
 Kohlenhydrate [Wikipedia, 26.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Bio-Akku [28.12.2014, Zhigang Zhu, Nature Communications 5/2014, „A high-energy-density sugar biobattery based on a synthetic enzymatic pathway“, www.nature.com/ncomms/2014/140121/ncomms4026/full/ncomms4026.html]

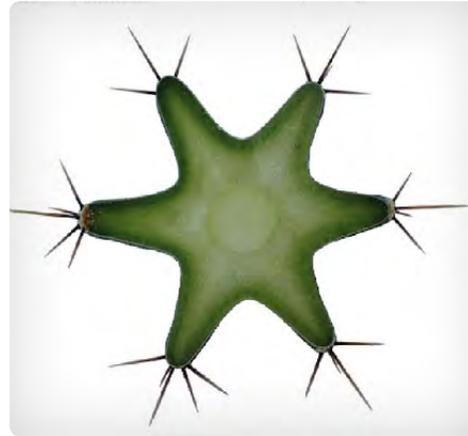


Graue Tillandsie

Sie holt sich ihr Wasser aus der Luft.

Kakteen

Wasserspeicherung im Stamm.
Flach ausgebreitetes Wurzelwerk nimmt
nächtliche Bodenfeuchtigkeit und
Regenwasser auf.



Citrullus coloyntis
Tiefwurzler Koloquinte
mit bis zu 15 m tief
reichenden Pfahlwurzeln.



Andere Sukkulente

- ▲ *Socrota Dorstenia*
- ▼ *Pachivera opaline*
- ◀ *Aloe vera*, rechts unten

Wasserspeicherung

Während sich die meisten Landtiere regelmäßig mit kleinen Wassermengen eindecken müssen, müssen die meisten Landpflanzen laufend Wasser aus dem Boden saugen, um Stoffwechsel, Wachstum und Photosynthese betreiben zu können.

Wassertransport durch die Pflanze

Pflanzennährstoffe werden durch Stoffwechselaktivitäten im Pflanzenorganismus verteilt. Der ständige Wassertransport passiert mittels Ausnutzung physikalischer Phänomene. Kapillar- und Kohäsionskräfte ziehen das Wasser gleich langen dünnen Fäden in durchgehenden Gefäßen bei abnehmendem Wasserpotentialgradienten aus dem Erdreich, über Wurzel und Sprossachse bis zum Blatt, wo es über schließ- und öffnende Spaltöffnungen (Stoma) in die Atmosphäre diffundiert. Die Summe der Blattoberflächen und -massen korreliert hierbei mit der erreichbaren Saugwirkung der Pflanze.

Sukkulenz

Um in trockenen Gebieten überleben zu können speichern manche Pflanzen Wasser in ihren Blättern (Blattsukkulente). Dies gelang durch evolutionäres Zusammenrollen der Blätter, wodurch sich ein wesentlich größeres da zylindrisches, Blattvolumen bildete, in dem die Flüssigkeit in stark vergrößerten Zellräumen (Vakuolen) gespeichert wird. Zudem ist die Blattoberfläche

reduziert, was die Wasserverdunstung verringert. Andere Pflanzen, wie Kakteen, speichern das Wasser primär entlang der Sprossachse (Sprossukkulente).

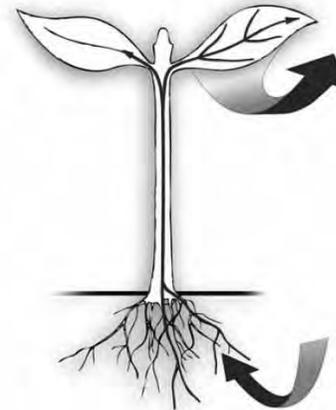
Wurzeln

Heimische Bäume verbrauchen in Sommermonaten hunderte Liter Wasser pro Tag, die ihre Wurzeln zur Verdunstung an die Blätter leiten. Wüstenpflanzen müssen wochen- und monatelang ohne bzw. mit sehr wenig Wasser auskommen. Eine erfolgreiche Strategie von vielen Kakteenarten ist die Ausbildung eines möglichst großflächigen Wurzelwerks nahe der Oberfläche. Dadurch können sie während der in Wüstenregionen seltenen, dafür aber mitunter sehr ergiebigen Regenfälle, ein Maximum des gefallenen Regens aufsaugen und zwischenspeichern. Pfahlwurzler wie die Koloquinten holen sich ihr Wasser auf direktem Weg aus dem tiefen Wüstenboden, vorausgesetzt es gibt welches. Diese Kürbisgewächse strecken ihre Pfahlwurzeln bis zu 15 m in die Tiefe und heben damit sogar ausreichend Wasser, um ihre Blätter mittels Transpiration zu kühlen.

Wasser aus der Luft

Pflanzen in niederschlagsarmen Gebieten, dafür aber mit hoher Luftfeuchtigkeit, können auch ohne Wurzeln auskommen. Tillandsien wachsen auf anderen Pflanzen und sind vollkommen von

grauen Saugschuppen (Trichomen) bedeckt. Damit können sie ab einer Luftfeuchtigkeit von 60% das benötigte Wasser aus der Luft beziehen (Ihre Nährstoffe erhalten sie, ähnlich Moosen, in Form von Staubpartikeln auf demselben Weg, wodurch sie die Luft reinigen).



Abbildungen

1. Tillandsie [1.6.2015, www.fuchs-versand.de/images/produkte/i10/1000029880.jpg]
2. Kaktusquerschnitt [1.3.2014, [www.botanik-fotos.de, Cereus peruvianus Kakteengewächse Cactaceae Querschnitt 01.jpg](http://www.botanik-fotos.de/Cereus_peruvianus_Kakteengewächse_Cactaceae_Querschnitt_01.jpg)]
3. Kaktus Cholla [26.4.2015, 1.bp.blogspot.com/-Y1MORU1_CJM/UN5ltdtU-1oI/AAAAAAAAAwk/9kHGaLlgEwo/s1600/IMG4554.JPG]
4. Pachiveria opalina [26.4.2015, <https://plantassuculentas.files.wordpress.com/2014/03/pachiveria-opalina.jpg>]
5. Aloe vera [26.4.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Split_Aloe.jpg]
6. Dendrosicyos socotranus, Stammsukkulenz [1.6.2015, www.okwave.com/uploads/attachments/post/image_9/27990/14.jpg?1394807639]
7. Koloquinte [16.4.2015, J-Elle®, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2d/1280px-Adrar-Coloquinte.JPG>]
8. Wasserfluss in der Pflanze [Botanische Grundlagen der Baubotank und deren Anwendung im Entwurf, DI Ferdinand Ludwig, 2012, Universität Stuttgart, S.212]

Quellen:

- Sukkulenz, [www.pflanzenforschung.de, 24.04.2013, Wie sukkulente Pflanzen sich durch Neuordnung der Leitbündel mehr Speicherplatz verschaffen, 28.7.2014]
- Koloquinte, [www.nhv-theophrastus.de, Koloquinte - Citrullus colocynthis - Verbreitung - Bionik - Geschichte, 16.4.2015]
- Kakteengewächse, [Wikipedia, 4.12.2014, de.wikipedia.org/wiki/kakteengewächse, 6.12.2014]
- Wasserfluss in der Pflanze [Botanische Grundlagen der Baubotank und deren Anwendung im Entwurf, DI Ferdinand Ludwig, 2012, Universität Stuttgart, S.212]
- Tillandsien, [Wikipedia, 30.10.2013, de.wikipedia.org/wiki/Tillandsien, 6.12.2014]

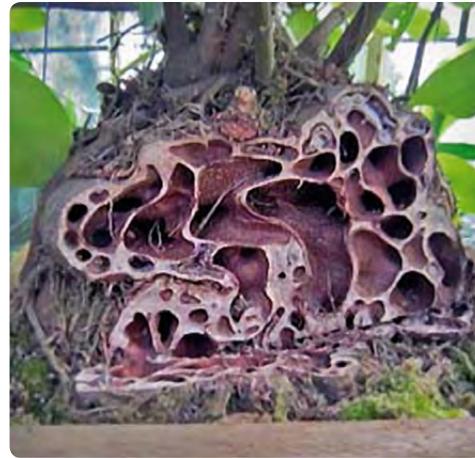
Wasserfluss: Verdunstung zieht Wasserfäden in durchgehenden Gefäßen von der Wurzel bis zum Blatt nach oben.



Nepenthes bicalcarata
Diese Pflanze lebt in Symbiose mit Ameisen, die in den verdickten Fangkannen-Stielen leben. Die Ameisen reinigen und verteidigen die Pflanze.



Der Nektarduft des Pflanzendeckels lockt kleine Nagetiere an, die ihre stickstoffreiche Notdurft in den Krug abgeben



Hydnophytum formicarum
Die holzige Innenoberfläche dieser Ameisenpflanze kann Ameisenabfälle absorbieren. So ernährt sie sich und bleibt rein.



Venus-Fliegenfalle
Die zwei Hochleistungsblätter sind Mund, Magen und Darm in einem.

Nepenthes rajah
Die voll entwickelte Blüte, die „Bodenkanne“, wird samt Deckel etwa einen halben Meter groß. Sie ist „Entleerungsstelle“ (oben) und „Nährstoff-Recycler“ (unten) in einem.

Verdauung

Verdauung bezeichnet die Verwertung von Biomasse durch Tiere, die mithilfe von Verdauungsenzymen aufgespaltet wird. Ein interessantes Kuriosum ist die Verdauung von tierischer Biomasse durch Pflanzen.

Anatomie

Die pflanzlichen Fallen sind in der Regel umfunktionierte Blätter. Die Venus-Fliegenfalle formt so ihre Klappen. Häufiger verwachsen sie zu Krügen bzw. Kannen, wie bei *Nepenthes rajah*. Wieder andere Arten nutzen klebrige Stoffe, wie es der Sonnentau tut, um ihre Beute zu fixieren. Da diese Blätter nur sehr eingeschränkt zur Photosynthese fähig sind, brauchen fleischfressende Pflanzen viel Licht, Wärme und Zeit bis sie groß genug sind, um Beute zu machen. Diesen Nachteil machen sie wett, indem sie auf nährstoffarmen Böden mit wenig Stickstoff (Dünger) existieren können, den sie von ihrer Beute beziehen.

Nepenthes rajah

Während die meisten fleischfressenden Pflanzenarten Einzeller und Insekten verspeisen, sind die Kannen der ausschließlich auf Borneo vorkommenden *Nepenthes rajah* so groß, dass sie auch kleine Nagetiere verdauen können. Es wird aber vermutet, dass sie es auf etwas anderes abgesehen hat. Ihre am Boden liegenden Kannen

(Bodenkannen) werden mit Deckel bis zu 50 cm groß und fassen ein Volumen von bis zu 4 Litern. Rund die Hälfte davon ist mit Flüssigkeit gefüllt. Der Deckel der Pflanze duftet nach Nektar und ist so angeordnet, dass das ansässige Spitzhörnchen häufig verbeischaute, um an ihm zu lecken und sich dabei möglichst auf den Krugrand setzen muss. Dabei scheidet es, um sein Territorium zu markieren, **Kot aus, auf dessen Stickstoff es die Pflanze abgesehen hat**. Hunderte Enzymdrüsen pro cm² helfen, die Nährstoffe aufzulösen und anschließend zu resorbieren.

Venus-Fliegenfalle

Am besten ist der Verdauungsprozess fleischfressender Pflanzen bei der Venus-Fliegenfalle untersucht. Nach einer nastischen Fangbewegung prüfen Eiweißrezeptoren, ob es sich um verdaubare Beute handelt. Ist die Rückmeldung positiv, beginnen zahllose Drüsen ein Sekret aus Verdauungsenzymen freizusetzen, das die Beute binnen einiger Tage zersetzt. Überraschend, weil einzigartig ist, dass nun die gleichen Drüsen die Nährstoffe wieder aufnehmen – hier sind Mund, Magen und Darm zu einem Organ zusammengefasst.

Ameisenpflanzen

Zu den den Ameisenpflanzen gehört auch die Art *Hydnophytum formicarum*. Sie besitzt ein

knollenartiges Gebilde an der Stammbasis. Die darin enthaltenen Hohlräume sind wie geschaffen für Ameisen und bieten ihnen Schutz. Diese hinterlassen der Pflanze dafür **Nahrung wie Kot, Speise- und Körperteile, die die Pflanze über die poröse Oberfläche aufnimmt**.



Abbildungen

1. *Nepenthes rajah* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Nepenthes_rajah.png]
2. *Nepenthes rajah* mit Nager [14.9.2015, Christian Ziegler, Panama, Pitcher plants of Borneo, proof.nationalgeographic.com/files/2015/01/150126-ziegler-pitchers-08.jpg]
3. *Nepenthes bicalcarata* [26.4.2015, <http://www.geo.de/img.php/885/590/http://img.geo.de/div/image/77264/kannenpflanze-gross-07.jpg>]
4. Venus-Fliegenfalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Venus_Flytrap_showing_trigger_hairs.jpg]
5. Ameisenpflanze [14.5.2015, http://www.nzepiphytenetwork.org/uploads/1/9/4/7/19475779/4645560_orig.jpg]

Quellen:

[Prof. Rainer Hedrich, Botanik Universität Würzburg, Artikel zur Sendung „Grüne Fleischfresser“, 15.7.2012, www.daserste.de/information/wissenskultur/sendung/2012/fleischfressende-pflanzen-106.html], 20.12.2014]
 Ameisenpflanze [de.wikipedia.org/wiki/Ameisenpflanze]

Flexible Würgefeige

Luftwurzeln hängen als junges Gewebe weich und flexibel von ihrem Wirt herab – später verholzen sie und „erwürgen“ ihn. Würgefeigen sind ein Beispiel von starker Sprossverwachsung (Anastomose).



Gigant Mammutbaum

Der Dinosaurier unter den Bäumen erreicht Wuchshöhen von hundert Metern. Wie bei allen Bäumen gelingt ihm das, indem er Jahr für Jahr eine neue Holzschicht auf das in den Vorjahren gebildete Skelett setzt.



Effizienter Bambus

Seine Zellen enthalten ebensoviel Lignin wie die von Bäumen. Allerdings kommt er mit weit weniger dieser Zellen aus. So kann er 10–100 cm pro Tag wachsen, verholzt aber erst in den 2–3 Jahren danach.



Überwallung

Verstärktes Wachstum an verletzten Stellen kann viele Wunden schließen.



Smarte Nuss

Ähnlich effizient wie der Bambus ist der Aufbau der Erdnussschale. Durch Verholzung entlang verdickter Versorgungsbahnen entsteht ein stabiles Skelett.

Verholzung

Die Natur geht sparsam mit Baumaterial um. Dies gilt vor allem für stark beanspruchte Verbindungen, die durch Masseinlagerungen in und um die Zellskelette realisiert werden müssen. Mit ihnen können Pflanzen riesige tragfähige Strukturen bilden.

Lignin-Cellulose-Verbund

Lignin ist ein in Biomasse häufig vorkommendes Material, das aus riesigen Makromolekülen besteht, die sich aus vielen kleinen Monomerbausteinen zusammensetzen. Pflanzen lagern es als druckbeständiges Material in ihre Zellwände ein. Zusammen mit den extrem zugbelastbaren Cellulosefasern entstehen extrem steife Stütz- zellen (Sklerenchymzellen). Zellen können beinahe vollständig verholzen – dabei sterben sie jedoch ab.

Vielfältiger Einsatz

Holzpflanzen bilden jedes Jahr eine neue Holzschicht an der Innenseite ihres lebenden Körpers, der wie eine dünne Haut auf dem toten Holzskellett der Vorjahre sitzt, das sich so laufend verdickt. Diese Möglichkeit zur Holzbildung erlaubte den Pflanzen überhaupt erst den Landgang und später die Ausbildung gigantischer Strukturen. Mammutbäume werden hundert Meter hoch (Wachstum, 📄 Seite 61). Verholzte Zellen

sind zudem gut vor UV-Strahlung, Fressfeinden und Frost geschützt. So sind holzige Arten, die viel Lignin als Stützmaterial einsetzen, auch immer mehrjährig. Ihr Trockenmasseanteil besteht zu 30% aus diesen Makromolekülverbänden. Einjährige Pflanzen verwenden Lignin jedoch sparsamer und verholzen meist nur gering mit etwa 1% Masseanteil.

Reaktionsholz

Druck- und Zugbeanspruchungen infolge von Gewicht- oder Windlasten führen zur Ausbildung sogenannten Reaktionsholzes. Während Nadelbäume vor allem mit Lignineinlagerungen an der Druckseite reagieren, lagern viele Laubbäume bevorzugt Cellulose zugseitig ein.

Wassertransport

In Leitgefäßen führt der durch den Wassertransport entstehende Druck immer zur Verholzung des umgebenden Gewebes. Da Lignin hydrophob ist, entstehen belastbare, wasserdichte Verbindungen. Lignin dichtet ab.

Überwallungen

Holzpflanzen können ihr Skelett nicht abbauen und regenerieren. Daher versuchen sie, Wunden durch verstärktes Wachstum (Überwallung) zu schließen. Je nach Lage und Beschaffenheit der

Wunde kann der Wundschluss binnen Wochen erfolgen oder ein Pflanzenleben lang andauern. Überwallungen sind ein Beispiel für die enorme Plastizität pflanzlicher Körper.

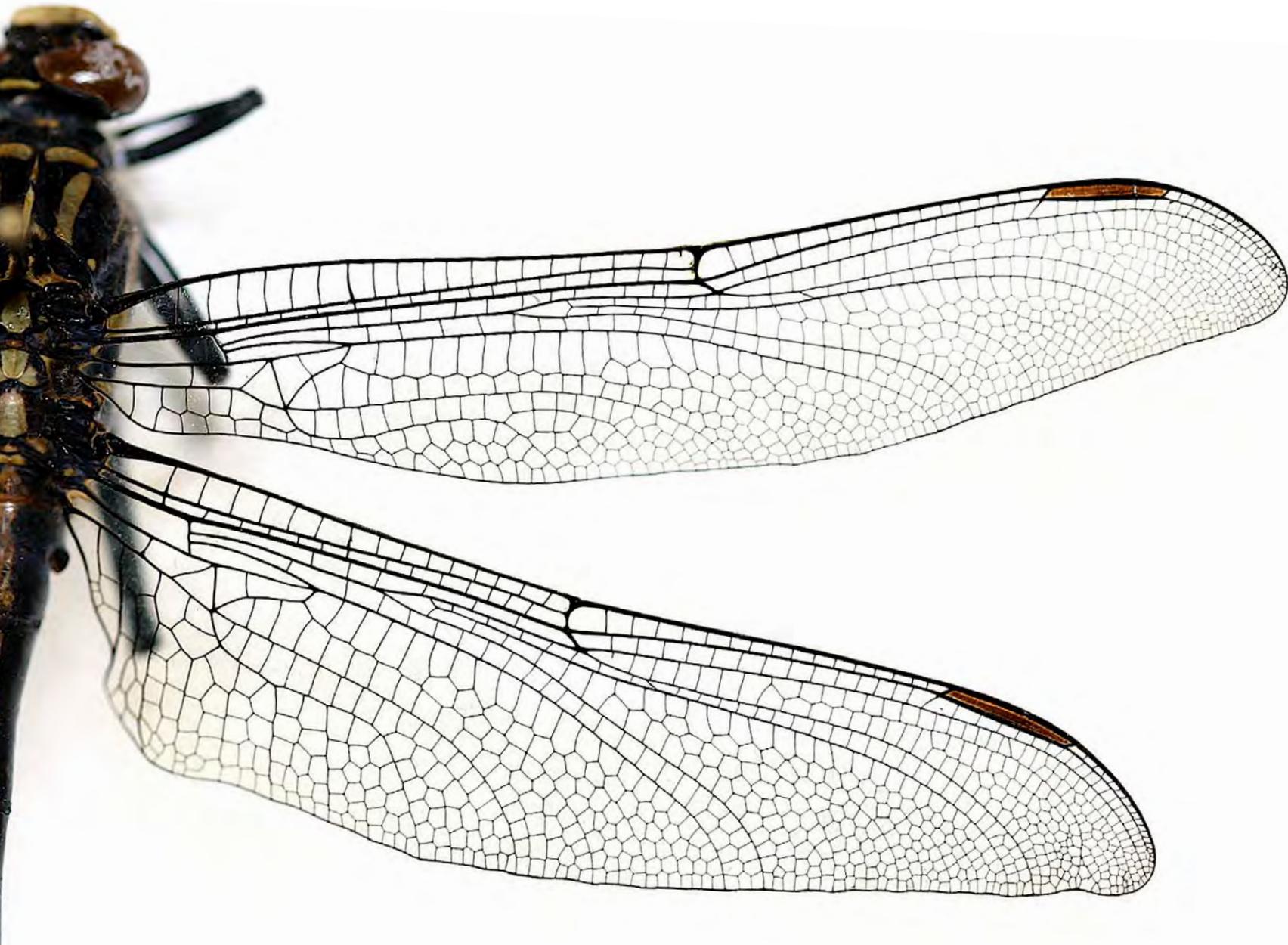


Abbildungen

1. Würgefeige Teilstück [17.10.2015, www.mangostil.de/images/product_images/original_images/wuergefeige_clip_30_0.jpg]
2. Überwallung [15.3.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Tree_trunk_foreign_body_01.jpg]
3. Mammutbaum [4.1.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Girl_next_to_a_big_old_sequoia_in_the_Sugar_Bowl_in_Sequoia_National_Park.jpg]
4. Bambus [3.1.2015, http://www.uni-duesseldorf.de/home/fileadmin/redaktion/Oeffentliche_Medien/Presse/Pressemeldungen/Bilder/BionikI-500.jpg,]
5. Erdnuss [10.9.2015, www.thehealthjournals.com/wp-content/uploads/2012/09/peanut.jpg]

Quellen:

- [Wikipedia, Verholzung, 3.1.2015, de.wikipedia.org/wiki/Verholzung, 26.2.2014]
 [Wikipedia, Lignin, 3.1.2015, de.wikipedia.org/wiki/Lignin, 17.6.2014]
 [Wikipedia, Bambus, 24.12.2014, http://de.wikipedia.org/wiki/Bambus, 24.12.2014]
 [Wikipedia, Überwallung, 11.9.2015, http://de.wikipedia.org/wiki/Bambus, 23.11.2014]



Libellenflügel

Transparenz

Transparente Baustoffe sind für Behausungen weitgehend ein Muss. Ohne sie gibt es im Gebäudeinneren kein natürliches Licht. In der Biologie gibt es zu Land nur wenige Formen transparenten Materials.

Auge

Es zählt zu den kompliziertesten Organen überhaupt. Nur durch ständige Feuchtigkeit und hochaktive mechanische Schutzmechanismen behält die Augenlinse ihre Transparenz.

Insektenflügel

Ein weiteres Beispiel für Transparenz im Tierreich sind die Flügel der Insekten. Eine H-Baum-artige anastomosierende Gitterstruktur (H-Bäume, [Seite 105](#)) kann hier **große transparente Flächen** bilden. Die urzeitliche Libellen-Art „Meganeura“ konnte ihre 4 Flügel 75 cm breit aufspannen.

Samenblätter

Auch das Pflanzenreich hat beinahe transparente Flügel entwickelt. Das Kürbisgewächs *Alsomitra macrocarpa* (kürbisartig) erzeugt 10–12 cm breite, flugfähige Samen. *Lunaria annua* lässt ihre Samen aus einem dünnwandigen, ebenfalls halbtransparenten Schotenblatt herausfallen.

In beiden Fällen handelt es sich um fragile, dünnwandige, abgestorbene Blattflächen.



Abbildungen

1. Libellenflügel [img.galerie.chip.de/imgserver/communityimages/336500/336507/1280x.jpg, 3.1.2015]
2. *Alsomitra macrocarpa* [*Alsomitra_macrocarpa_seed_(syn._Zanonia_macrocarpa).jpg*, 3.1.2015]
3. *Lunaria annua* [<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/LunariaAnnua2.jpg>, 3.1.2015]

Quellen:

[Wikipedia, 3.11.2014, *Alsomitra macrocarpa*, de.wikipedia.org/wiki/Alsomitra_macrocarpa, 16.2.2015]
[Wikipedia, 25.11.2014, *Lunaria annua*, de.wikipedia.org/wiki/Einjähriges_Silberblatt, 16.2.2015]

Flugsamen der *Alsomitra macrocarpa*



Schote der *Lunaria annua*





5. BAUMEISTER BIOLOGIE



Lebendige Bauten

Dass Pflanzen anderen Arten als Witterungsschutz oder sogar als Lebensraum dienen, ist eher die Regel als die Ausnahme: Bakterien in unserem Verdauungstrakt, den Insekten, die sich in Pflanzen einnisten, Vögel, die Bäume als Fundamente für ihre Nester nutzen, oder Eichhörnchen, die Baumhöhlen bewohnen. Auch unsere nächsten Verwandten, die Affen, nutzen häufig „lebendige Bauten“ für ihre Nachtlager, wenn sie sich in Bäumen Nester errichten.

Es gibt auch Beispiele dafür, wie der Mensch lebendige Biologie zur Erfüllung baulicher Aufgaben einsetzt. Man denke etwa an Baumhäuser oder barocke, aus Bäumen geformte, Labyrinth.

Weniger bekannt sind die Leistungen der botanischen Arbosculture-Bewegung, die durch die Methoden biegen (bending), beschneiden (pruning), transplantieren (grafting) und fixieren (bracing) Bäume in allen möglichen Formen wachsen ließ. Das berühmteste Ergebnis ist wohl der Basket Tree von Axel Erlandson.

Ein anderes beeindruckendes Beispiel lebender Bauwerke sind die indischen Wurzelbrücken. Dabei wird Wurzelwachstum über Flüsse gelenkt. Dort verankern sie sich in der Erde und nehmen rasch an Dicke und Festigkeit zu, bis eine belastbare Konstruktion herangewachsen ist.

Es gibt sogar Beispiele für lebende Möbel wie den Gartenstuhl von Peter Cook.

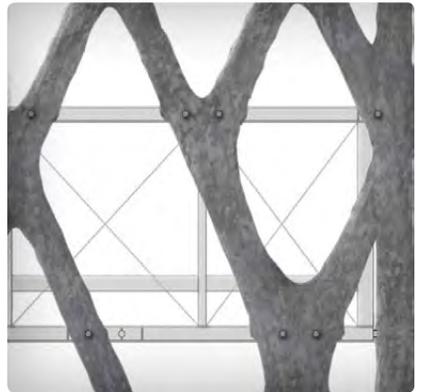
Am Titicacasee gibt es lebendige schwimmende Inseln aus Schilf.

Die Vorteile sind immer offenkundig. Es muss kein Baumaterial herangeschafft werden, da die Konstruktion von selbst wächst und sich weitgehend selbst in Stand hält. An Stelle der Aufwände von Errichtung und Wartung tritt dafür jener der Pflege. Derartige Manipulationen von Pflanzen wie in den hier beschriebenen Beispielen setzen auch immer umfassende Pflanzenkenntnisse voraus.



Abbildungen

1. Basket Tree [Gilroy, USA, <http://kattheacrobat.files.wordpress.com/2009/07/6a00d4142829d33c7f0110167044f3860c.jpg>, 24.1.2015]
2. Lebende Brücken, Ost Khasi, Indien [16.5.2011, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Living_Root_Bridges,_Nongriat_village,_Meghalaya2.jpg, 24.1.2015]
3. Lebender Stuhl [http://36.media.tumblr.com/80189996450658f8a172f62a7a110e6a/tumblr_nh48xj0zK11t15h2ho2_1280.jpg, 24.1.2015]
4. Lebende schwimmende Inseln, Peru [<http://static.panoramio.com/photos/large/77577159.jpg>, 24.1.2015]



Baubotanik

Die meisten aller bisher gewachsenen „Pflanzenbauwerke“ gefielen meist nur dem Publikum von Gartenschauen oder wurden zu Freizeitattraktionen. Neu ist, dass es einem Architekten gelang mit seinen botanischen Projekten sowohl medial wie architekturenszenisch zu punkten. „Baubotanik“ tauft Ferdinand Ludwig seine Baum-Stahlgerüst-Hybriden und geht bei deren Planung methodisch wissenschaftlich vor. Er erforscht Anatomie, Wachstum und Transplantationstechniken unterschiedlicher Baumarten. Dazu werden konstruktiv relevante Themen wie der Ausfall von Pflanzenteilen und ungleiche Wuchsgeschwindigkeit schon im Entwurf eingeplant. Und er geht behutsam mit den Seh- und Erfahrungsgewohnheiten seines Publikums um. Die Konstruktionen sind keine rein pflanzlichen Lösungen, sondern immer Hybride, bei denen z.B. Bäume auf Stahlgerüsten in Töpfen sitzen und zunächst Nebenrollen einnehmen. Mit ihrer Entwicklung wächst dem Stahlgerüst schließlich eine Art pflanzliches Rückgrat ein, bis aller Stahl schließlich entfernt werden kann. Der „Baubotanische Turm“ und der „Platanenkubus“ sind dazu, botanisch eher untypisch, in quadratischem Grundriss angelegt. Das Wachstum der Stämme bzw. Hauptäste ist extrem geradlinig und erinnert in seiner gleichmäßigen Struktur an die rautenförmigen Außenaussteifungen vieler moderner Fassaden.

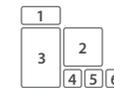
Durch das Wachstum der Bäume und die begleitenden notwendigen gärtnerischen Maßnahmen verändert sich der Bau laufend und wird zum Technik-Natur-Metamorphose-Erlebnis. Die traditionelle Bautechnik ist hier nur mehr „Starthilfe“ – in visueller wie statischer Hinsicht. Sobald sich der lebende Part aus eigener Kraft weiterentwickelt, kann sein mechanischer „Starter-Kit“ an anderer Stelle weiterverwendet werden. Der Baum in seiner neuen Form kann jetzt als lebendiges Gebäude begriffen werden.

Wohnungen oder Büros werden wohl nicht in absehbarer Zeit in Bäumen wachsen (Gescheiterte Vorentwürfe, 📖 Seite 97). Dazu wachsen Bäume nicht schnell genug heran bzw. ihre natürliche Tragfähigkeit reicht nicht aus. Ferdinand Ludwig begegnet diesem Problem durch gekonnte „Pflanzenaddition“, einer botanischen Pflanzenverbindungstechnik, ähnlich dem Aufpfropfvorgang der Obstbaumveredelung. So wachsen mehrere junge kleine Bäume zu einer großen kraftschlüssigen Struktur zusammen und erreichen Zielgröße und -festigkeit binnen weniger Jahre – botanisch gesehen eine Meisterleistung. Die Relation von Aufwand und Nutzen kritisch.

Neu sind die möglichen „Baurisiken“, wie der mögliche Ausfall mehrerer statisch notwendiger

Pflanzenteile durch unvorhersehbar geändertes Pflanzenwachstum. Auch Schädlingsbefall oder extremer Frost können baubotanische Totalschäden verursachen. So sind laufende Beobachtung und Pflege unverzichtbare Bestandteile biologischer Baukonzepte.

Die Vorstellung künftig mehr „Funktionsbäume“ in Städten anzutreffen und sie eines Tages sogar bewohnen zu können ist reizvoll. Die Methoden sind jung und die Vorteile bestechend: Baumaterial, das sich aus Humus und Sonne selbst entwickelt, zunehmende CO₂-Bindung mit steigender Festigkeit, sommerliche Kühlung durch Transpiration und Beschattung und schließlich Holz als Abrissmaterial. Außerdem geht es Ludwig & Co auch darum, „den bauenden, wohnenden und spielenden Menschen in ein neues Verhältnis zur Natur zu setzen. Insbesondere in ein aktiveres und gärtnerisches.“

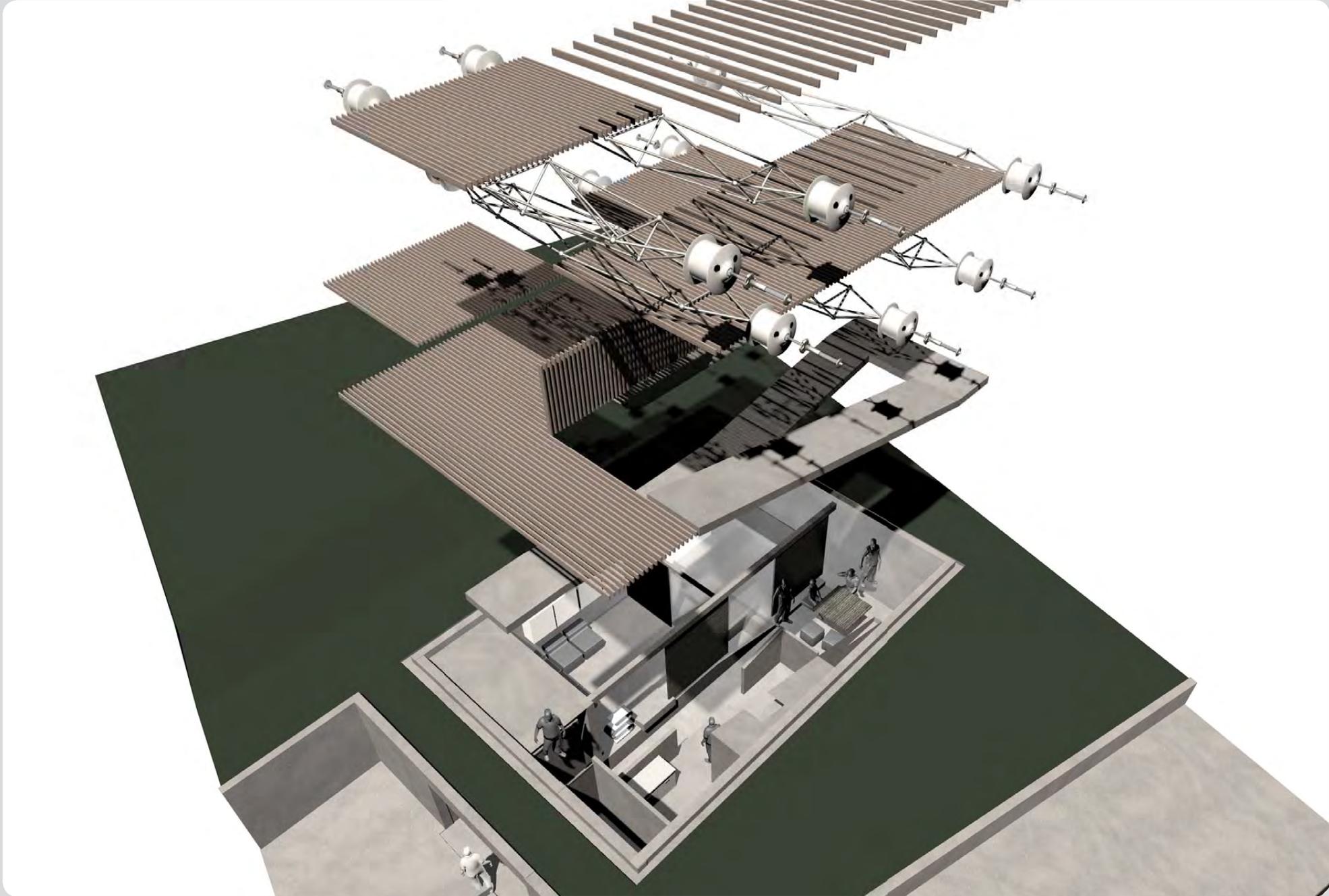


Abbildungen:

1. Botanischer Steg [<http://www.magazin.bilfinger.com/de/Magazin/Innovation-mit-der-Giesskanne>, Cira Moro, 13.04.2015]
2. Platanenkubus [<http://www.bionik-blog.de/wp-content/uploads/2012/06/DSCN4727.jpg>, 13.04.2015]
3. Baubotanischer Turm [www.helix-pflanzensysteme.de/media/block_images/345_large.jpg, 13.04.2015]
4. Verbindung durch Verwachsung [<http://www.magazin.bilfinger.com/de/Magazin/Innovation-mit-der-Giesskanne>; Cira Moro, 13.04.2015]
5. Pflanzenaddition [<http://www.magazin.bilfinger.com/de/Magazin/Innovation-mit-der-Giesskanne>; Cira Moro, 13.04.2015]
6. Platanenkubus Detail [10.9.2015, www.ferdinandludwig.de/tl_files/images/platanenkubus_nagold/12_Datall_Pflanzenaddition_alt, 13.04.2015]

Quellen:

[Gerd de Bruyn, Ludwig Ferdinand, Hannes Schwertfeger, 2009, Lebende Bauten – Trainierbare Bauwerke, LIT-Verlage, S. 13, 106–107]



Gescheiterte Vorentwürfe

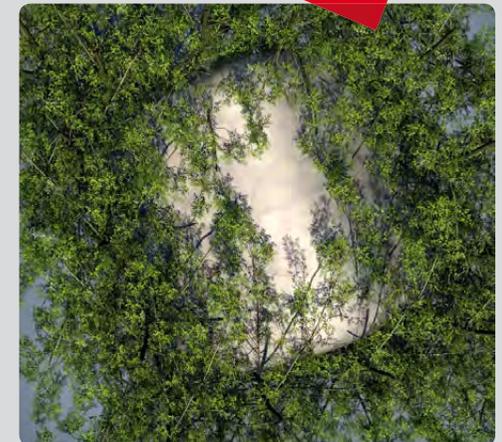
Zwei im Rahmen dieser Diplomarbeit entstandene Vorentwürfe versuchten dem Ziel, wesentliche Anteile anorganischer Bauproduktion durch lebendige Biologie zu substituieren, mit bewohnbaren baubotanischen Konstruktionen zu entsprechen

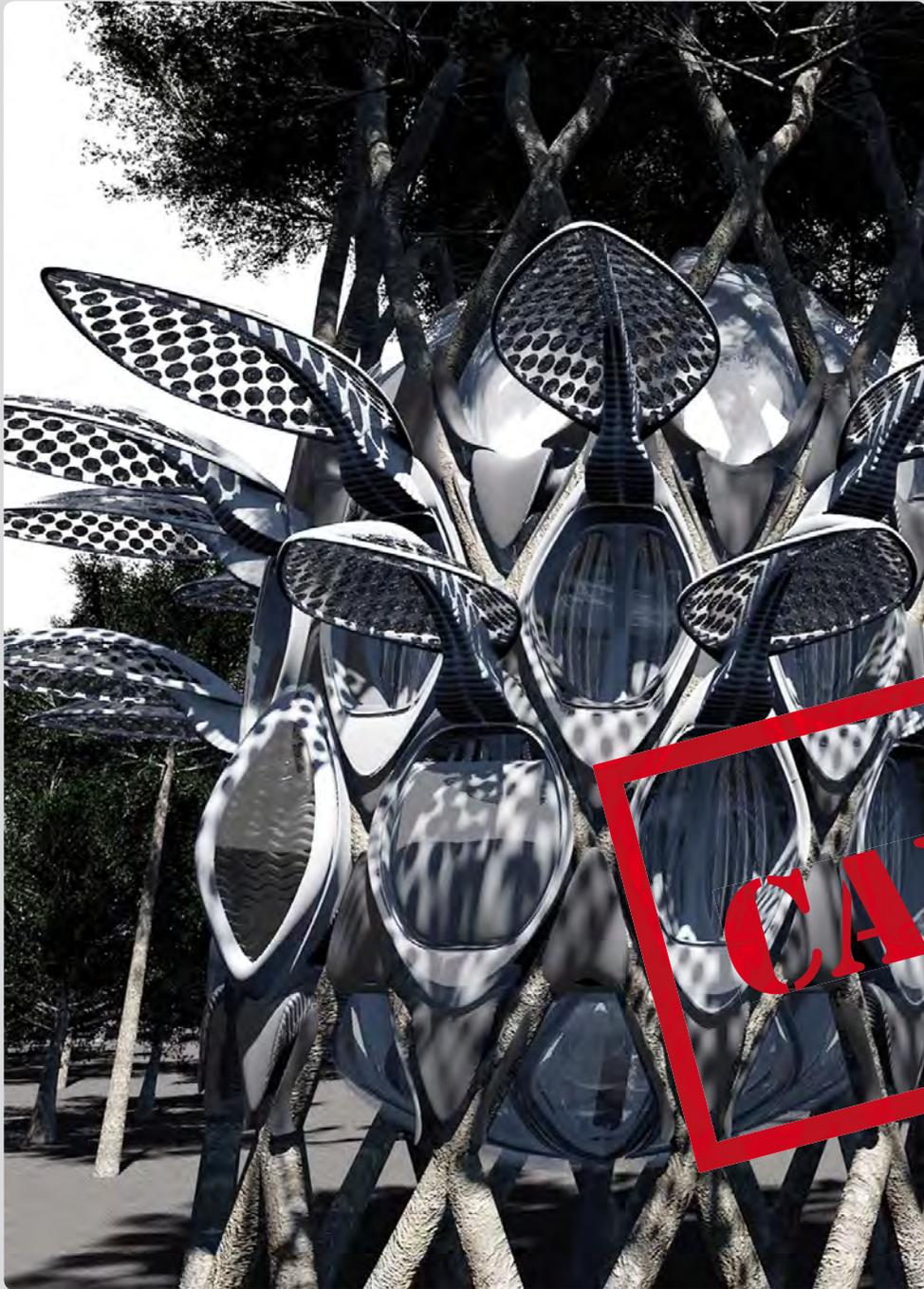
#1 – „Hausbaum“

Haus- und Baumentwicklung finden gemeinsam statt. Zwei junge Baumreihen sind baubotanisch verflochten und flankieren eine von Erdrich umrahmte Wohneinheit. Zu Beginn bezieht sie ihre Wohnqualität vor allem aus dem Lichtreichtum aufgrund des flach aufliegenden transparenten Pseudodachs. Das Wohnvolumen ist noch relativ gering. Mit fortschreitendem Baumwachstum werden Träger, pneumatische Wandelemente und Leichtbau-Plattformen eingesetzt. Das Dach wandert nach oben. In 30–50 Jahren wächst so ein mehrgeschossiger Lebensraum und Wintergarten, durch Bäume getragen, heran, der das Wohnvolumen mit geringem Baustoffbedarf mehr als verdreifacht hat.

Problematisch

Der hohe technische und pflegerische Aufwand steht in ungünstigem Verhältnis zur Leistung der Bäume. Ein schlankes Stahlgerüst mit Kletterpflanzen liefert Ähnliches wesentlich schneller. Der schlagende Mehrwert der Baumpflanzung lässt sich im direkten Vergleich zu herkömmlich anorganisch produzierten Bauteilen und Konstruktionen nicht belegen. Umweltschäden sind nicht in Produkte eingepreist. Biologie kann hier nicht bestehen.





CANCELLED



#2 – „Biomimetischer Kokon“

Idee: Die einer baubotanischen Tragstruktur auf den Leib geschneiderte Wohneinheit versorgt sich autark mit Energie, Wärme und Wasser und ist dabei gleichzeitig ein Baum/Waldstück. Das Habitat ist aus pneumatischen Baukörpern aufgebaut. Dabei führt es hydraulische Bewegungen aus, um Energie, Wärme und Wasser zu sammeln. Anforderung und technische Umsetzung ähneln stark pflanzlichen. Sogar das autonom gesteuerte Verhalten erinnert stark an pflanzliche Intelligenz. Der baubotanische Baumring bildet die statische Grundstruktur, in dessen Mitte die kokonähnliche Wohneinheit sitzt. Rautenförmige Aussparungen sind mit Y-förmigen Verbindungsstücken ausgekleidet, in denen Fenster- und Funktionsmodule sitzen. Scheibenförmige Pneus mit gut genutzten Hohlräumen bilden die Bodenebenen. Bei der Erschließung unterstützt eine schlanke pneumatische Liftkonstruktion. Flachkuppelförmige Boden- und Dachelemente schließen den Raum ab. Das Gebäude „arbeitet“ ganzjährig vor allem mit Fenstern, die auch immer Licht- oder Wärmesammler sind. Im Boden unter dem Kokon sitzt notwendige Technik (Pumpe, Akku, Wasserspeicher, Biogenerator).

Problematisch

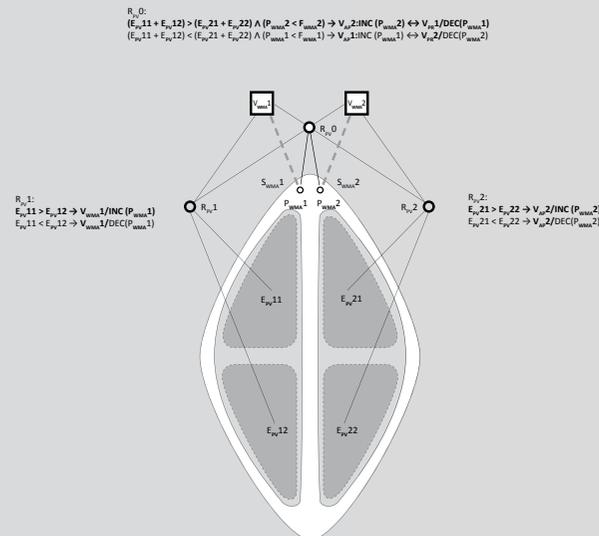
Sogar schnell wachsende Bäumen wären erst nach über 10 Jahren ausreichend groß und fest, um die relativ leichte Konstruktion zu tragen. Dazu kommt, dass eine beinahe vollständig aus Kunststoffen gebildete Wohnhülle eine auf Dauer wenig reizvolle Raumqualität erzeugt.

Fazit

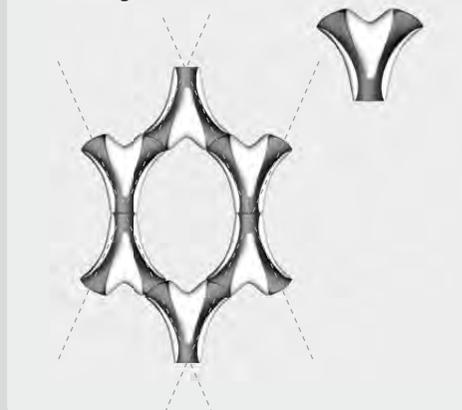
Wir sind heute ökonomisch und technologisch nicht in der Lage, einen Großteil benötigter Bauaufgaben lebendiger Biologie zu übertragen, um so schädliche Umweltauswirkung ausreichend zu reduzieren.

Photovoltaik-Flügel

4 Solarfelder und 2 Thermosensoren je Fensterflügel steuern Öffnungsgrad und Ausrichtung autonom.



Verbindungsstücke



Küchenmodul





Japanischer Holzbau, Garten Stift Melk

[3.3.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Stift_Melk_Gartenanlage_japanischer_Holzbau_5028.jpg]

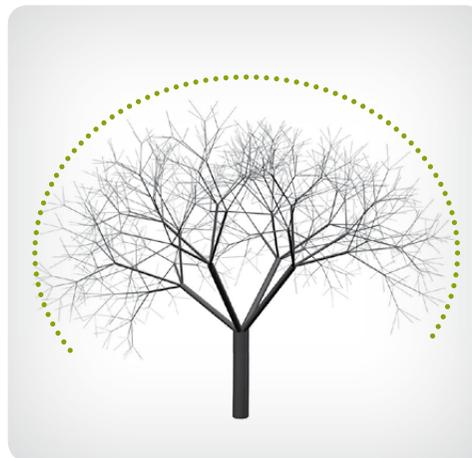
Strukturvergleich

Biologie und Bauwesen teilen sich wesentliche Konstruktionsprinzipien, wie z.B. die Strukturteilung in Haupt- und Nebenkonstruktion. Vergleicht man Baum und Skelettbau findet man bei beiden eine solide Basis, von der aus über mehrere Ebenen hinweg immer dünnere Nebenstäbe abzweigen, an deren Ende das funktionelle Element befestigt ist. **Sucht man jedoch nach großen biologischen Strukturen, die sich als menschlicher Wohnraum eignen würden, wird man nicht recht fündig.** Zunächst scheinen Bäume aufgrund ihrer Größe und Festigkeit als die aussichtsreichsten Kandidaten. Die Kronen mancher Baumarten umfassen hunderte Kubikmeter Raum. Aber bei genauerer Betrachtung sind die Aufgabenstellungen zu

verschieden: Menschen bauen ihre Bauwerke in erster Linie als Klimaverbesserer (Schutz vor Regen, Wind, Kälte, Hitze, ...), aber stets mit dem Ziel, möglichst großer, durchgehend freier Räume im Inneren vor Augen. Das körperliche Konzept von Bäumen ist völlig anders. Sie versuchen mit geringstem Materialaufwand eine möglichst große lichtzugewandte Oberfläche zu erzeugen, um Photosynthese zu betreiben. Die Blätter des Laubdachs bilden dabei tatsächlich eine Art Hülle. Doch das darunterliegende Gerüst folgt immer einem streckenoptimierten Weg, wobei es den kronenumhüllten Raum beinahe vollständig besetzt und ihn als Wohnraum unbrauchbar macht.



[10.9.2015, www.wakib.de/img/wandbaum.png]



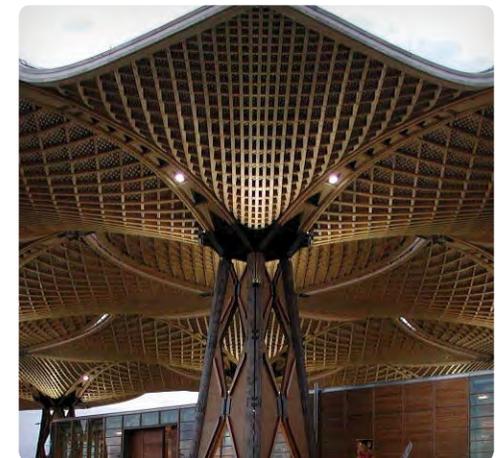
[10.9.2015, C4D-Rendering, Marcus Anderle]

„Billion“, Vincent Kohler,
Stamm-Schnittbild mit
Balken- und Kanthölzern



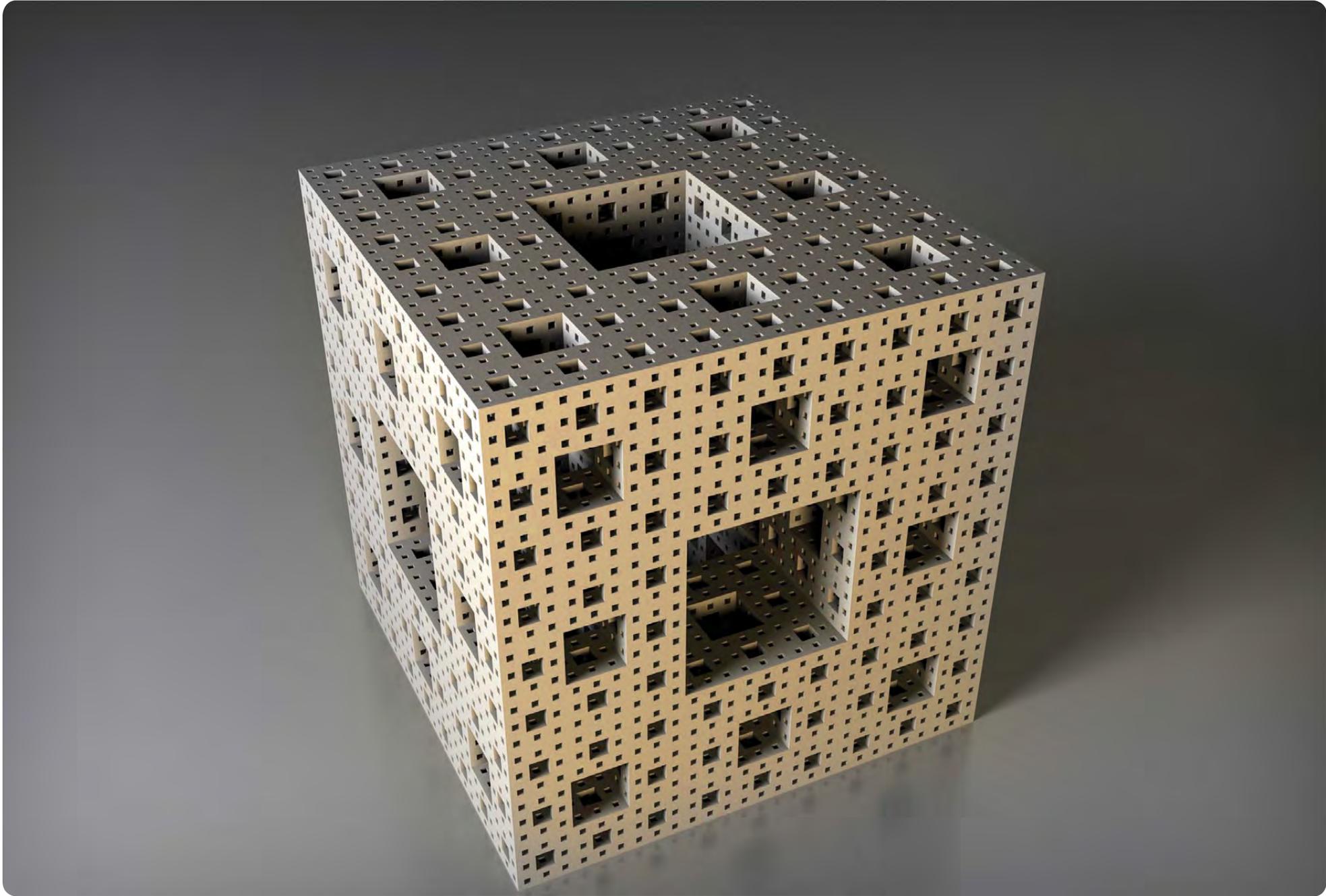
[20.12.2014, <http://www.vincentkohler.ch/billion.html>]

Holzdach,
Expo 2000, Hannover



[20.12.2014, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Expo_2000_Dach_Holzkonstruktion.jpg]

Die Baumkronen bildet zwar eine beinahe geschlossene Blatthülle, doch der besetzte Raum ist konstruktionsbedingt von Ästen völlig fragmentiert.



Logik der Bio-Struktur

In den siebziger Jahren machte Benoît Mandelbrot das Fraktal berühmt. Bunte computergenerierte Bilder zeigten neue Strukturen mit einer schwer zuordenbaren Mischung aus natürlicher Schönheit und starren Regeln, die häufig merkwürdig vertraut wirkten. Schon damals wusste jeder, dass mathematische Funktionen alle möglichen Formen beschreiben können, doch das besondere hierbei war, dass durch einfache Wiederholung geometrisch primitiver Teilstrukturen entlang von Skalenbereichen, also von winzig klein bis riesengroß, sehr komplexe Gebilde entstanden, die noch dazu häufig visuelle Entsprechungen in der Natur finden. Im Experiment mit Form und Wiederholungsregel wurden immer naturähnlichere Strukturen entdeckt und damit auch die **biologischen Hauptkonstruktionsprinzipien: die Wiederholung und Variation des meist Einfachen in allen Größenschritten**. Eine Art Beleg dafür, dass dies eine gute Methode sein könnte, um komplexe Endformen einfach beschreibbar zu machen, liefern die wenige Zeit danach erfundenen JPG-Kompressions-Algorithmen, die nach diesem Prinzip funktionieren. Allerdings umgekehrt, da hier das Ergebnis zuerst vorliegt. Diese Struktur bringt auch zwei besondere Eigenschaften mit sich: Sie ist frei skalierbar. Und kleinste Änderungen können enorme Auswirkungen auf die Endform haben.

Beispiele für Wiederholungen

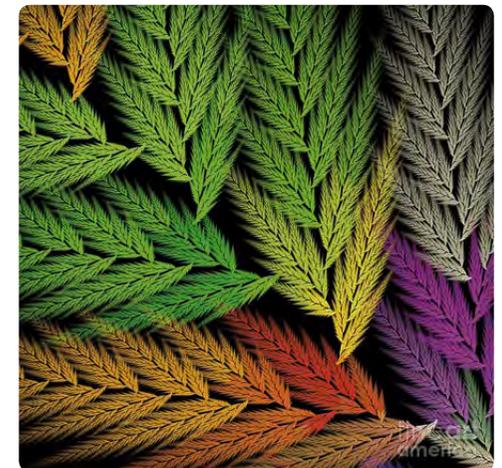
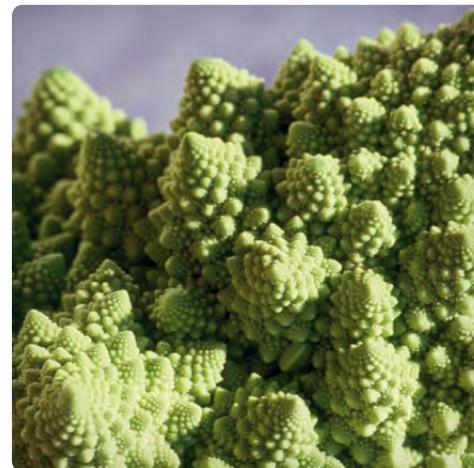
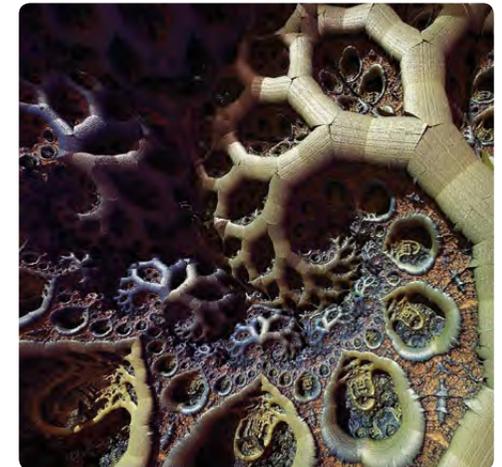
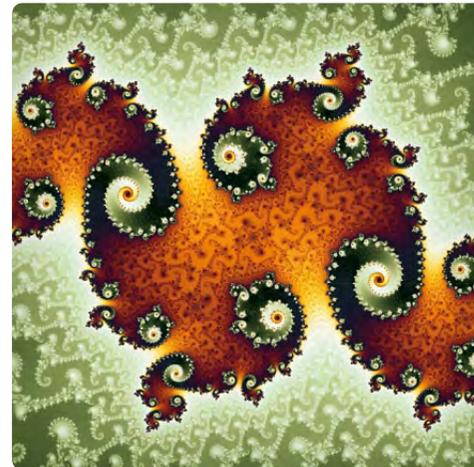
sind alle Arten von Gewebetypen, die aus vielen gleichen Zelltypen bestehen. Genauso die Wiederholung ganzer Elemente wie z.B. die Blätter eines Baums, die das Wachstums- und Vererbungsresultat eines vervielfältigten Codes sind.

Beispiele für Variationen

sind die Verschiedenheiten der Zellen verschiedener, spezialisierter Gewebetypen, oder die Links-Rechts-Symmetrie bei Tieren, die Verschiedenheit von Finger und Zehe, Daunen- und Flügelfeder oder grünem und Blütenblatt.

Beispiele für Skalierbarkeit

sind die Gefäßstrukturen von Geweben oder die Halm- und Aststrukturen von Pflanzen. Sie variieren über groß nach klein und greifen dabei auf immer dieselbe Struktur- bzw. Wachstumsregel zurück. Interne oder externe Abbruchbedingungen sorgen dafür, dass Organismen nicht endlos weiterwachsen.

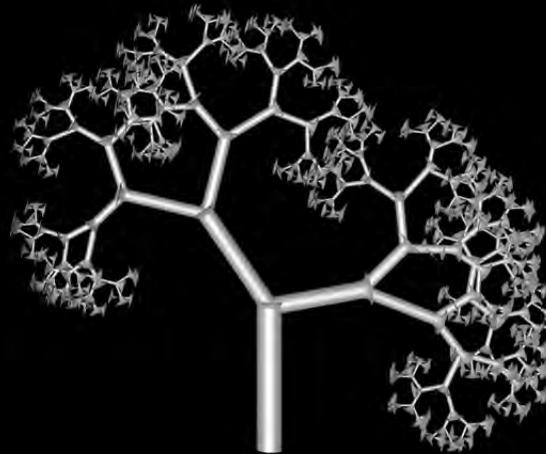
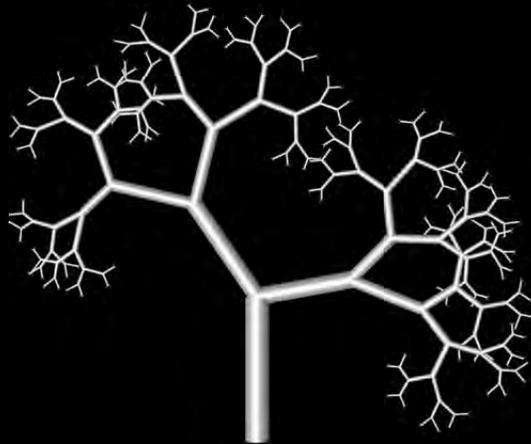
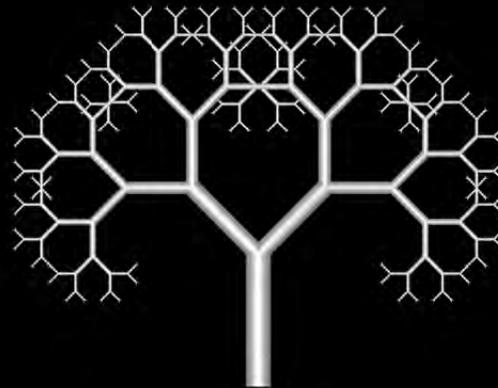
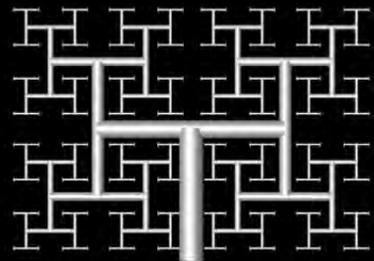


1

2 3
4 5

Abbildungen

1. [Fraktal, 20.12.2014, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Menger-Schwamm-einfarbig.jpg>]
2. [Fraktal, 20.12.2014, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/37/Mandel_zoom_14_satellite_julia_island.jpg/1280px-Mandel_zoom_14_satellite_julia_island.jpg,]
3. [Fraktaler Baum, 20.12.2014, <http://handshakemag.com/wp-content/uploads/2010/11/darkspiraltree.jpeg>]
4. [Fraktaler Blumenkohl, 20.12.2014, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Romanesco.jpg>]
5. [Fraktale Federn, 20.12.2014, <http://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/colorful-feather-fern-abstract-fractal-art-square-1-tl-andee-photography.jpg>]



Fraktale H-Bäume mit 9 Ebenen, Cinema 4D®

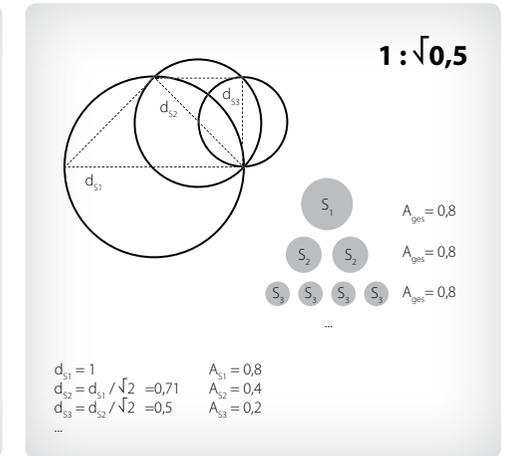
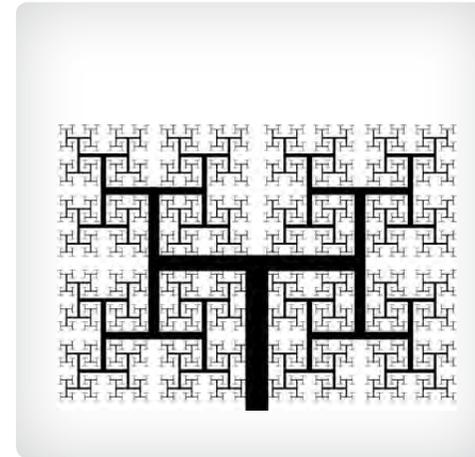
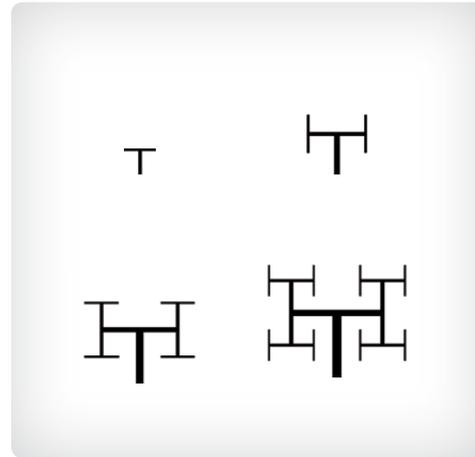
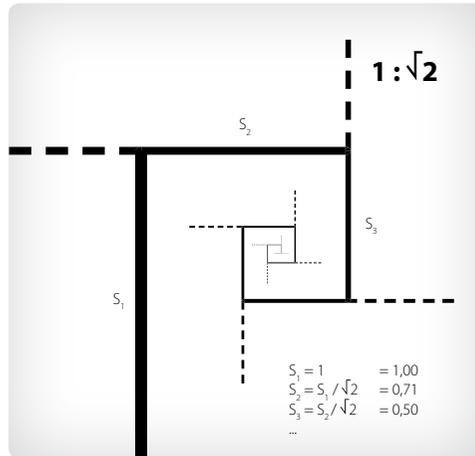
l.o. 90°-Verzweigung

r.o. 45°-Verzweigung

l.u. 45°-Verzweigung mit 32% Zufall Winkelgröße

r.u. 45°-Verzweigung mit 32% Zufall Winkelgröße und Blattenden

H-Bäume



Eine einfache und effektive Struktur kommt in abgewandelter Form in der Natur in zahllosen Varianten vor: der H-Baum.

Es gibt eine Regel: Ein Stab S_i (Stängel oder Stamm) hat zwei Nachfolger S_{i+1} , die im rechten Winkel abzweigen (Seitenhalme oder Äste) und deren Länge sich zu der des Vorgängers 1 zu $\sqrt{2}$ verhält. Wird der Vorgang oft wiederholt, bildet sich nach und nach eine sehr dichte Struktur. Diese Erscheinung nennt man auch die „fraktale Dimension“.

Im konkreten Fall heißt das, dass durch geschicktes Besetzen der Ebene mit eindimensionalen Elementen plötzlich eine quasi-zweidimensionale Fläche entsteht. Auf diese Weise entstehen Blätter.

Die Struktur beginnt dabei z.B. als kleiner Trieb, dessen Ende sich in zwei Nebensprosse verzweigt. Dann strecken sich alle Teile und an den Enden entstehen wieder neue Abzweigungen, usw..

Nach 12 Iterationen ist eine blattähnliche Struktur entstanden.

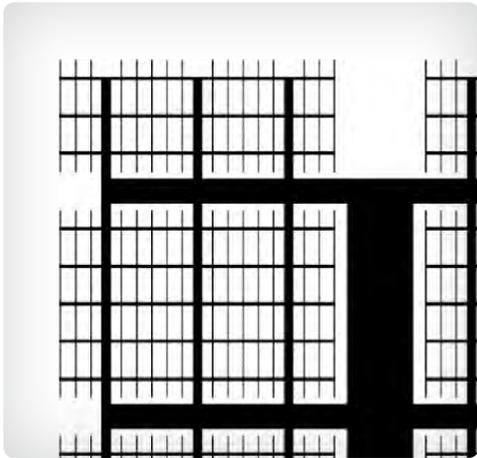
Betrachtet man diese Struktur als Rohrsystem oder auch als Gefäßsystem einer Pflanze, fällt auf, dass die Summe aller Querschnitte einer Verzweigungsebene jeweils gleich groß wie die der vorhergehenden und der nachfolgenden ist.

Das ist insofern von Belang, als z.B. Bäume durchgehende Gefäße von der Wurzel bis zum Blatt besitzen und eine Struktur wie diese demnach die ideale ist. Einheitlich abnehmende Querschnitte kommen auch der Anforderung nach optimiertem Materialeinsatz entgegen.

Abbildungen:
[10.9.2015, C4D-Rendering, Marcus Anderle]

Quellen:
L-Systeme [Wikipedia, L-system, 10.9.2015, en.wikipedia.org/wiki/L-system, 27.8.2015]
Wasserfluss in der Pflanze [Botanische Grundlagen der Baubotank und deren Anwendung im Entwurf, DI Ferdinand Ludwig, 2012, Universität Stuttgart, S.212]





Natürliche H-Bäume gibt es in großem Variantenreichtum. Neben Länge, Winkel und Durchmesser variiert auch die Anzahl der Verzweigungen. Die einfach strukturierten Nadelbäume legen am Ende wenige lange Stäbe (Äste) eine Unzahl kleiner photosynthetisierender Endstäbe (Nadeln) an.



Dieses Farn-Fraktal (ein H-Baum mit verändertem Abzweigungswinkel und sich verzweigenden Wiederholungen) lässt die Entwicklung des Blatts erkennen. Was aus größerer Entfernung noch wie 3 große Blätter aussieht, sind bei näherer Betrachtung kleinere und immer kleinere Teilstrukturen.



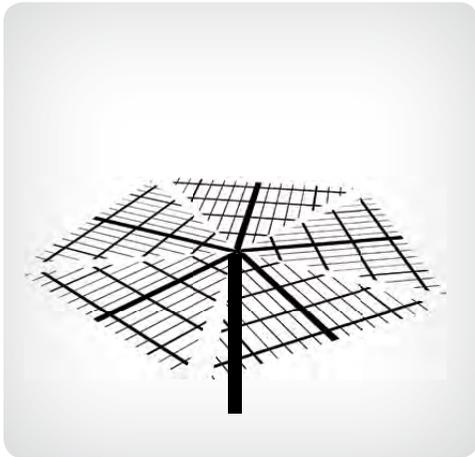
Durch die revolutionäre natürliche Erfindung der „Anastomose“ können Gefäßenden einander finden, sich verbinden und große geschlossene Flächen bilden – das moderne Blatt und deren Verbindung untereinander werden möglich.



Abbildungen:

1. Foto Blatt [6.7.2014, Marcus Anderle]
2. Blattstruktur [Marcus Anderle]
3. Farn [10.9.2015, blogs.cofc.edu/mitchenerg/files/2012/11/Fern.png]
4. Blattstruktur [10.9.2015, http://www.digitalphoto.de/files/uploads/1303/1303_1367431338_13560.jpg]





Nicht nur Blätter sind Zusammenschlüsse kleinerer Teilstrukturen. Auch die moderne Blüte besteht aus radial angeordneten Blättern, die an den Rändern teilweise miteinander verwachsen sind.



Bei gleichzeitiger Krümmung und der mehrheitlichen Verwachsung von Blütenblättern entstehen korbartige Raumhüllen, wie beim Blütenblatt der Physalis.



Aus dem Zentrum der Blüte entwickelt sich die noch komplexere Frucht, mit einer ähnlichen dreidimensionalen Wachstumsstruktur. Die Formen von Blüte und Frucht können aber letztlich völlig verschieden sein.



Abbildungen:

1. Physalis [Wikipedia,10.9.2015, upload.wikipedia.org/wikipedia/commons/0/02/Physalis_024a.jpg]
2. Blatt L-Struktur sternförmig [Marcus Anderle]
3. Blatt L-Struktur Korb [Marcus Anderle]
4. Blatt L-Struktur Korb mit Frucht [Marcus Anderle]

6. SZENARIO

Ur-Österreich

Österreich ist heute weitestgehend Kulturlandschaft. Die Jahrtausendalte Geschichte aus Jagd, Land- und Viehwirtschaft gestaltete ein abwechslungsreiches Mosaik aus Feldern, Wiesen und Wäldern. Lange Zeit galt es als gesicherte Erkenntnis, dass europäische Landfläche im Urzustand völlig von Wald bedeckt war und dass ihr heutiges, offenes Erscheinungsbild menschlicher Bewirtschaftung bedarf.

Eine neuere Theorie zeichnet ein völlig anderes Bild. Demnach war es der Mensch, der durch Bejagung großer pflanzenfressender Tierarten für das Zuwachsen der Waldflächen verantwortlich war. Die „Megaherbivoren-Theorie“ (Theorie der **großen Pflanzenfresser**) geht davon aus, dass Wisent, Hirsch und Elch das Aussehen unserer Landschaften bestimmten. Durch das permanente Abfressen von Büschen und niederen Baumzonen und die ständige Beweidung der Waldränder wurde der Wald in Schach gehalten. **Große Lichtungen und Waldzonen wechselten einander ab.**

Erst Land- und Viehwirtschaft schufen lange Zeit später wieder offene Flächen. Der Mensch stellte einen ähnlichen, aber diesmal gänzlich domestizierten, Zustand her. Die landläufige Argumentation, wonach sich ohne Bauern- und Jägertum unsere Landschaften rasch in finstere, unwegsames, von Wildverbiss beschädigtes Dickicht verwandeln würden, wäre demnach falsch.

Das „Mosaik-Zyklus-Konzept“ liefert ein zur Megaherbivoren-Theorie passendes Bild hinsichtlich natürlicher Waldentwicklung. Es betrachtet die im Wald lebenden Pflanzengesellschaften in ihren oszillierenden Entwicklungsphasen. Dabei bilden sich je nach Zusammensetzung der Gesellschaft und dem vorherrschenden Klima typische Waldstückgrößen (Buchenwald 1–2 ha), die zeitlich und räumlich versetzt entstehen, überaltern, verschwinden und neu entstehen. Dieser Zyklus dauert rund 500 Jahre. Das natürliche dynamische Mosaik aus Alt- und Jungwald bietet großen Pflanzenfressern Einstiegszonen zur Schaffung von Lichtungen. **Die Biodiversität ist innerhalb der unterschiedlichen Waldphasenzonen ist gegenüber dem Forst um ein Vielfaches größer.**

Waldphasen im Mosaik-Zyklus

Ruderalphase, 0 bis 2 Jahre

- Gräser und Büsche, bis 2 m hoch: Gräser, Brennnessel, Brombeere, viel Totholz
- Zauneidechse, Wespenbussard, Mäusebussard

Pionierwaldphase, 2–5 Jahre

- Bäume bis 5 m Höhe, kein Kronenschluss, Weiden, Pappeln, Buchen, Totholzanteil nimmt ab
- Haselhuhn, Wespenbussard

Dickungsphase, 15–75 Jahre

- Bäume bis 10 m Höhe, Kronenschluss
- Sperber, Haselhuhn

Schlusswaldphase, 75–100 Jahre

- Bäume bis 20 m Höhe
- Buntspecht, Sperber

Optimalphase, 100–250 Jahre

- Bäume bis 30 m Höhe, geschlossenes Kronendach, Totholz und Starkholz nehmen zu
- Buntspecht, Schwarzspecht, Habicht

Plenterphase, 250–400 Jahre

- Totholz reißt Lücken
- Weißrückenspecht, Hohltaube, Trauerschnäpper

Zerfall und Zusammenbruch, 400–600 Jahre

- Lücken und Totholz prägen
- Schreiadler, Baumpieper, Gartenrotschwanz, Grauspecht, Waldkauz, Bussard, Haselhuhn, Auerhuhn, Heidelerche

Abbildung
Landschaft [upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Axis_axis_(Nagarhole,_2010).jpg/1280px-Axis_axis_(Nagarhole,_2010).jpg]

Quellen:
Megaherbivorenhypothese [Wikipedia, 1.9.2015, <https://de.wikipedia.org/wiki/Megaherbivorenhypothese>, 10.8.2015]
Mosaik-Zyklus-Konzept [Wikipedia, 1.9.2015, <https://de.wikipedia.org/wiki/Mosaik-Zyklus-Konzept>, 24.03.2015]





Österreich heute

Der Großteil des Landes ist heute menschlicher Nutzung unterworfen: Drei Viertel werden landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich, für Wirtschafts- oder Wohnflächen genutzt. Das Vorkommen natürlicher Arten ist auf allen diesen Flächen stark reglementiert und unter Druck. Seit 1983 wird der Gefährdungszustand heimischer Tier- und Pflanzenarten in Roten Listen erfasst. Sie besagen, dass **rund 60 % aller Wirbeltiere in**

unterschiedlichem Ausmaß gefährdet sind. Über acht Prozent unserer Arten sind ausgestorben, ausgerottet oder verschollen. Bei den Reptilien und Amphibien sind 15 (94%) bzw. 21 (100%) Arten gefährdet. Im Pflanzenreich sind **Farn- und Blütenpflanzen zu 40 % gefährdet**. Sondersandorte wie Trockenrasen, Moore oder Auen sind stark zurückgegangen. Knapp drei Prozent der Staatsfläche, das entspricht einem Kreis mit

einem Durchmesser von 55 km, sind mittlerweile versiegelt. Entwicklungsgeschichtlich bedingt stehen unsere Städte dazu meist auf besonders fruchtbaren Böden. In 400 geschaffenen Naturparks, biogenetischen Reservaten und Biosphärenreservaten sollen möglichst viele Arten überleben.

Die Grafik links zeigt Mittel- und Ostösterreich samt Umland. Die Größe der gezeigten Fläche entspricht dennoch etwa der Gesamt-Österreichs mit 84.000 km². Ein Grauverlauf symbolisiert Biodiversitätsverluste. Der weiße Kreis entspricht dem versiegelten Flächenanteil.

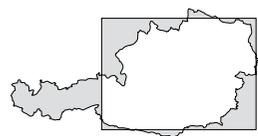


Abbildung
Hintergrund Österreichkarte [Wikipedia, 14.9.2015, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Oesterreich20.png]

Quellen:
Gefährdete Tierarten [Naturschutz in Österreich, Maria Tiefenbach, Monographien Band 91, Wien 1998, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 25.9.2015, www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M091.pdf]
Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010 [25.7.2015, Statcube.at/superwebguest/login.do?guest&db=deas1001]

Wirbeltiere	ausgestorben	vom Aussterben bedroht	stark gefährdet	gefährdet	potentiell gefährdet	ausgestorben bis potentiell gefährdet	nicht gefährdet
	Säugetierarten	5	4	3	18	13	43
Vogelarten	23	24	11	22	42	122	97
Reptilienarten	1	1	4	8	1	15	1
Amphibienarten	0	1	6	14	0	21	0
Fischarten	5	5	7	13	9	39	21
	8,6%	8,8%	7,8%	18,8%	16,3%	60,3%	39,7%

Klima & Boden

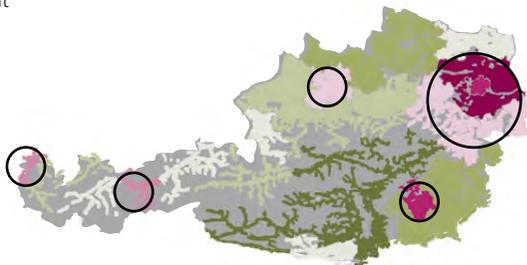
Die technischen Voraussetzungen für biologisch basiertes Wohnen sind **guter Boden und passendes Klima**. Jedes Kilogramm Biomasse benötigt zu seiner Herstellung ausreichend Feuchtigkeit, Nährstoffe und Sonnenenergie. Österreichs Landflächen verfügen darüber in hohem Ausmaß. Überall da, wo heute Boden forst- und landwirtschaftlich als Ackerland, Grünland, Wiese oder Wald genutzt wird, **könnte eine andere, neue Biologie ihren Dienst für uns versehen**.

Biologisches Wachstum, das sich immer auf lokale Ressourcen stützt, und lebendiges biologisches Siedeln sind demnach zum städtischen Modell grundlegend verschieden, da sie ein

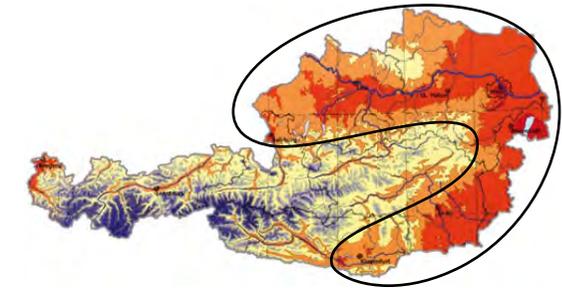
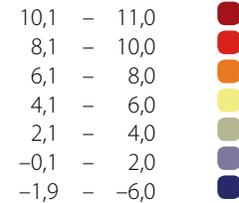
flächenbasiert limitiertes Produktionsmodell sind. Die Photosyntheserate begrenzt die Dichte von lebender Biomasse pro Fläche. Anorganische Produktion und Stadt können mit beinahe beliebig hoher Verdichtung arbeiten.

Regionen, die einst aufgrund der Dominanz industriell anorganischer Produktionsmethoden ihre Bewohner verloren, würden nun zum begehrten Land für den Erwerb kostenloser biologischer Leistungen. Bevorzugt wären dabei die **östlichen und südöstlichen mildereren Regionen rund um die Alpen**. Auf versiegelten Restflächen heutiger Städte könnten die Reste industrieller Produktion stattfinden.

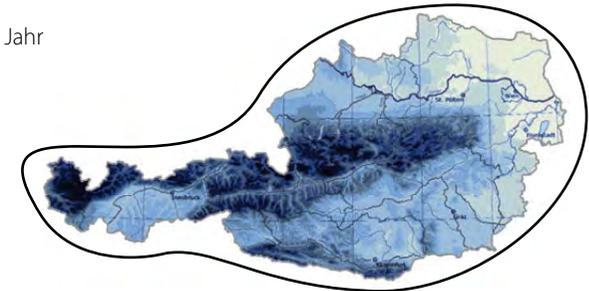
Veränderung der Erwerbspersonen
2009 bis 2030, Angaben in Prozent



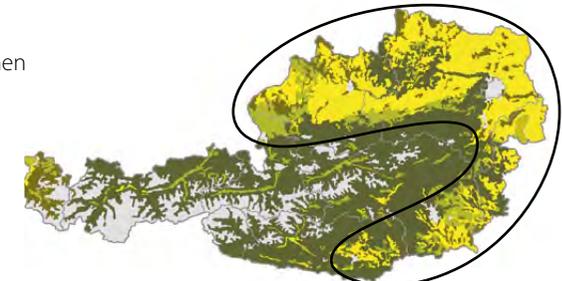
Jahrestemperaturmittelwert in C°



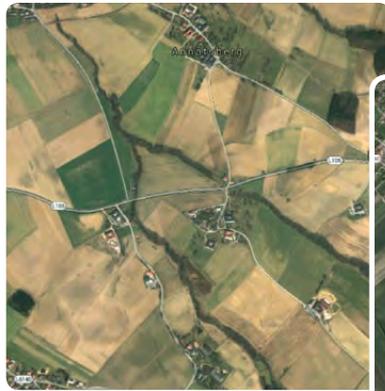
Niederschlagsmengen in mm pro Jahr



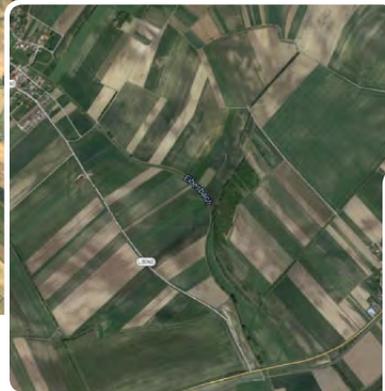
Nutzung und Nutzbarkeit Landflächen



Satellitenaufnahmen von drei beliebigen Gegenden innerhalb des fruchtbaren Gürtels rund um die Alpen. Jahrtausendalte menschliche Bewirtschaftung und Territorialgeschichte schufen ein neues Land. Es handelt sich meist um von Straßen zerteilte, ökologische Wüsten. Die Rest-Fauna und -Flora existiert in Rest-Flächen wie kleinen Waldstücken, schmalen Bach- und Windschutzschneisen und anderswo.



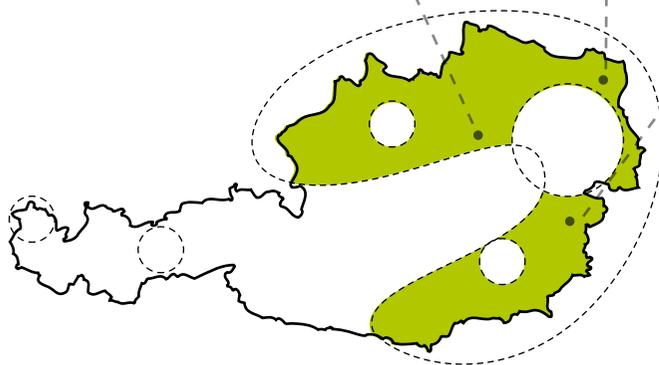
Gegend „Pressbach“



Gegend „Wilfersdorf“



Gegend „Aigen“



Quellen:

Jahrestemperaturmittelwert [23.3.2015, Datengrundlage ZAMG, Entwurf und Bearbeitung D. Moser und N. Sauberer, www.biola.at/tl-files/bilder/Naturraume/Abb_Seite_21_001.jpg]
 Niederschlagsmengen [23.3.2015, Datengrundlage ZAMG, Entwurf und Bearbeitung D. Moser und N. Sauberer, www.biola.at/tl-files/bilder/Naturraume/Abb_Seite_20_001.jpg]
 Flächennutzung [23.3.2015, Landwirtschaftlicher Anbau in Österreich, Online Campus Virtuelle PH, www.virtuelle-ph.at/mod/page/view.php?id=11211]
 Erwerbsprognose [Statistik Austria, Erwerbsprognose 2010, ÖROK-Regionalprognosen, 23.3.2015, www.statistik.at/dynamic/wcmsprod/groups/mi/documents/prmitt/~export/057106~4~TEMPLTESIMP LE/100554.hcst_2.jpg]



Abbildungen:

1. Jahrestemperaturmittelwert [23.3.2015, Datengrundlage ZAMG, Entwurf und Bearbeitung D. Moser und N. Sauberer, www.biola.at/tl-files/bilder/Naturraume/Abb_Seite_21_001.jpg]
2. Niederschlagsmengen [23.3.2015, Datengrundlage ZAMG, Entwurf und Bearbeitung D. Moser und N. Sauberer, www.biola.at/tl-files/bilder/Naturraume/Abb_Seite_20_001.jpg]
3. Flächennutzung [23.3.2015, Landwirtschaftlicher Anbau in Österreich, Online Campus Virtuelle PH, www.virtuelle-ph.at/mod/page/view.php?id=11211]
4. Erwerbsprognose [Statistik Austria, Erwerbsprognose 2010, ÖROK-Regionalprognosen, 23.3.2015, www.statistik.at/dynamic/wcmsprod/groups/mi/documents/prmitt/~export/057106~4~TEMPLTESIMP LE/100554.hcst_2.jpg]
5. Aigen, Google Maps® [23.8.2015, www.google.at/maps/@47.5214998,16.2605555,2012m/data=!3m1!1e3]
6. Pressbach, Google Maps® [23.8.2015, www.google.at/maps/@48.1293699,15.1770088,1572m/data=!3m1!1e3]
7. Wilfersdorf, Google Maps® [23.8.2015, www.google.at/maps/@48.5848314,16.6373092,2192m/data=!3m1!1e3]

Neue Gesellschaft

Grundlegend veränderte Produktionsverhältnisse ziehen ebenso grundlegende Veränderungen in Gesellschaft, Kultur- und Siedlungsverhalten nach sich. Heute sind industrielle Produktion, Märkte und Städte prägend. Wie genau, oder wie schnell sich biologische Produktion entwickeln könnte, lässt sich noch kaum abschätzen.

Eine Gesellschaft, die primär biotechnologisch produziert, ist in verschiedenen Ausprägungen oder Entwicklungsstufen denkbar.

Technologie-Switch

**abiotische
Produktion**

Industriell dominiert

Das heutige abiotische Produktionssystem und die ihm angeschlossenen Funktionen begünstigen Konzentration und biologische Unverträglichkeit.

Status

Eine hochgradig hierarchisch und arbeitsteilig organisierte Gesellschaft konzentriert sich in produktions- und konsumgetakteten Städten.

**biologische
Produktion**

Industriell kontrolliert

Mittels Interessen- und Patentschutz wird weiterhin wie bisher produziert und vermarktet. Einziger Unterschied: Die Methoden werden umweltverträglicher. Bio-Know-How nimmt rapide zu.

Kaum Veränderung

Noch mehr Verdrängung im ländlichen Raum, da immer mehr Biomasse für neue, boomende Bio-Industrien abgezweigt wird. Obwohl diese bevorzugt in vitro produzieren, wird das Land immer häufiger Schauplatz neuartiger Phänomene. Biotech-Unfälle und Vorteile werden diskutiert.

Landwirtschaftlich dominiert

Neue, in freier Wildbahn lebende Arten erlauben einer experimentierfreudigen, wachsenden Gesellschaftsgruppe ein einfaches aber selbstbestimmtes Landleben. Konflikt mit der Stadt. Der abiotische Apparat beginnt zu schrumpfen. Bio-Know-How nimmt rapide zu.

Beginn der Stadtflucht

Eine biologisch autonom produzierende Landgesellschaft löst das bisherige Leitbild der Stadt langsam ab. Einst **urban sozialisierte Bevölkerungsgruppen ziehen aufs Land** und freunden sich mit ihren Hightech-Organismen an. Biodesigner und Naturbewahrer geben sich die Hand.

Generalisten sind die neuen Spezialisten. Im biologisch produzierenden Umfeld decken biotechnologisch weiterentwickelte lebende Organismen alle vitalen Bedürfnisse der Menschen ab. Ein weitgehend

autonomer Lebensstil orientiert sich an der **Pflege und Entwicklung des biologisch produzierenden, des natürlich biologischen und des nachbarschaftlichen Umfelds.** Es gibt ein breit gestreutes Spektrum an

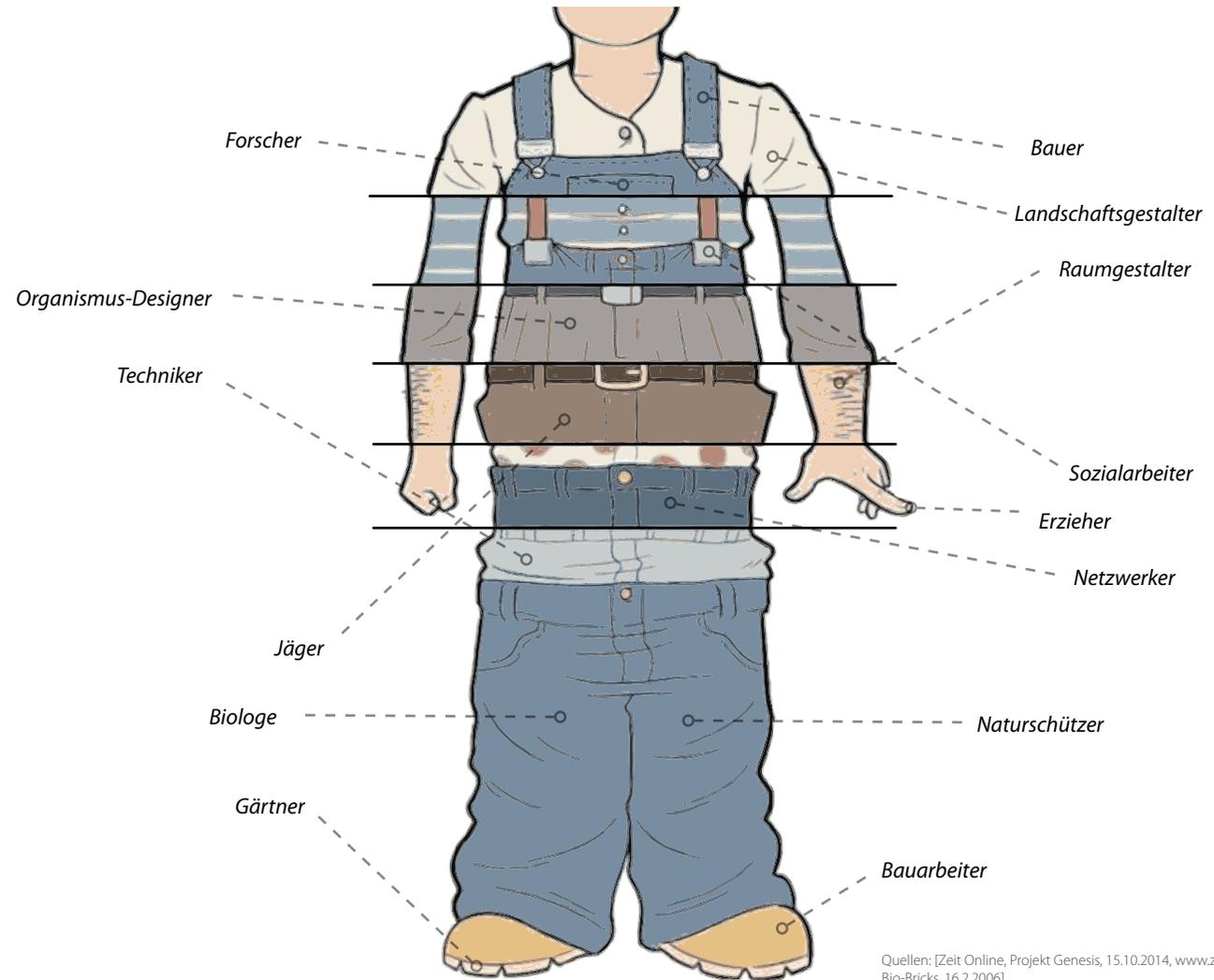
Betätigungen. Eine schlanke technische Rest-Infrastruktur versorgt bei Bedarf mit Wissen (z.B. Ballon-gestütztes Internet) und sichert Basisfunktionen (z.B. Bio-Updates per Internet oder Dronendienste).

Biologisch ökologisch dominiert

Ökologische Verdichtung setzt ein: mehr Biologie/m² und höhere Netto-Primär-Produktion. Zunehmend effizientere Mikro- und Makro-Organismen verbessern Biomasse- bzw. Stoffkreisläufe und lassen die freie Biologie aufblühen. Nur noch einzelne Schlüsseltechnologien, wie Kommunikation und „Bio-Steering“, verbleiben im abgekapselten, abiotischen Produktivbereich. Der biotechnologische Fortschritt ermöglicht nach und nach die Eroberung von Wüstengebieten.

Das Land ist die neue Stadt

Gesellschaftliche Organisation erfolgt zunehmend dezentral und vermehrt entlang ökosystemischer Grenzverläufe. Erstmals werden gemeinschaftliche Leistungsstandards im Code des biologischen Produktionssystems verankert. Elastische Rückkoppelungsmechanismen schützen Menschen und Natur künftig vor unnachhaltigen Überforderungen.



Quellen: [Zeit Online, Projekt Genesis, 15.10.2014, www.zeit.de/2006/08/N-Bio-Bricks, 16.2.2006]
Abbildung Berufe und Hosen [21.09.2015, lustich.de/bilder/cartoons/berufe-nach-hosen]



Plant Fiction verbindet Realität mit Fiktion und kreiert
Gewächse, die neue Aufgaben übernehmen können.
Die „Pandemic Plant“ verändert ihre Farbe bei Kontakt
mit luftübertragbaren Krankheitserregern.

[Biodesign*, William Myers, Thames & Hudson 2012, London, Seite 181]

7. BIO-ENTWERFEN

Basis-Funktionalität

Das Habitat soll alle Grundbedürfnisse seiner Bewohner bedienen:

Eine schützende Hülle die ausreichend Raum bietet, ein behagliches Klima, ausreichend Licht, angenehme Oberflächen und ein Mindestmaß an Hygiene.

Die biologische Möglichkeit, Möbel mit stets sauberen Oberflächen zu erhalten, die sich auch selbst reinigen können, eröffnet neue Möglichkeiten. So kann auf ein und derselben Fläche gegessen, entspannt und geschlafen werden.

Lebende Natur im Bau heute, als Vertical Garden oder als Kunstprojekt



Die Moos-Kunst von Mokoto Azuma, Florist (Hintergrundbild), propagiert Moos als teppichartiges Raum Möbel, das auf abbaubarem Kunststofftextil (Terramac®) heranwächst [<http://www.yankodesign.com/images/gallery/makoto-azuma/azuma1.jpg>, 18.5.2015]



Behaglichkeit

Die innenliegenden, selbst-reinigenden und -erneuernden Sitz- und Liegeflächen mit Eigenschaften von Moos und Baumwolle. Sie sorgen für Komfort und Behaglichkeit.



Angenehmes Licht

Die Luciferaseproduktion der Innenraumbooberflächen sorgt für Licht nach Sonnenuntergang. Die Steuerung erfolgt durch Phototropine (Außenhelligkeit) und Seismonastie (Innenraumaktivität).



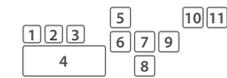
Fester Boden

Die Oberfläche der beinahe ebenen Bodenfläche ist leicht porös und absorbiert Schmutz. Der hohe Ligningehalt macht sie sehr widerstandsfähig.



Raumklima

Wärme- und Luftfeuchtigkeitsorgane regulieren das Raumklima. Externe Faktoren und Aktionen des Nutzers steuern ihre Aktivität – im idealen Zusammenspiel von Mensch und Habitat sind die Vorteile fair verteilt und die Leistung maximal.



Abbildungen:

1. Vertical Garden [10.9.2015, <http://blog.gessato.com/wp-content/uploads/2012/03/anna-garforth-graffiti-moss-grass-gessato-gblog-3.jpg>]
2. Grasmöbel [10.9.2015, <http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/03/grass-ottoman.jpg>]
3. Moosteppich [10.9.2015, http://japanesedesign.pl/assets/Time_of_moss_in_Beijing_by_Makoto_Azuma_Japanese_Design_Blog.jpg]
4. Moosteppich [10.9.2015, <http://www.yankodesign.com/images/gallery/makoto-azuma/azuma1.jpg>]
5. Geborgenheit, Emil [16.6.2007, Ursula Simec]
6. Fell [18.5.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Walliser_Schwarznasenschaf_Detailaufnahme_Fell.JPG]
7. Lawn Chair, Julia Reodica [10.9.2015, www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/philosophie/phil_karafyllis_2008_endogenous_design_of_biofacts.pdf?7]
8. Fussboden [10.9.2015, <http://pad1.whstatic.com/images/thumb/c/cc/Run-Barefoot-Step-1Bullet1.jpg/670px-Run-Barefoot-Step-1Bullet1.jpg>]
9. Glühwürmchen [10.9.2015, <http://nextdoornature.files.wordpress.com/2011/07/firefly-by-jessica-lucia-cc.jpg>]
10. Tillandsie [10.9.2015, www.fuchs-versand.de/images/produkte/10/1000029880.jpg]
11. Heizender Blütenkolben [10.9.2015, <http://www.atlantbieri.ch/2011/02/eine-heisse-pflanze.html>]

Erweiterte Funktionalität

Neben der Basisfunktionalität liefert der biologische Baukasten dem Habitat neue, erweiterte Funktionalitäten.

So kann es auch **Nahrung, Kleidung und hygienische Bedingungen** bereitstellen.

Aufwändige Spezialräume mit Anschlüssen an externe Netze wie Bad, Küche und WC entfallen.

Biologische Bekleidung:

Die Geschichte der Bekleidung beginnt mit manuell verarbeitetem, totem, organischem Material.

Heute tragen wir industriell gefertigtes Material aus teils organischer und teils chemischer Herkunft.

In Zukunft könnten wir lebendige Kleidung als Symbionten auf unserer Haut tragen.



Sonja Bäumels lebendes Kleidungskonzept geht von der biotechnologischen Neukonstruktion aus. An welchen Körperstellen sie gedeiht und wie sie sich entwickelt, könnte vom Klima oder der Nutzung abhängen. Körperabsonderungen ernähren sie.

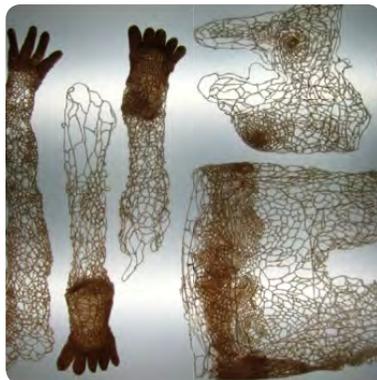
Unsere Haut hat viel zu bieten, was all diese Bakterien auf derselben beweisen. Neue hinzugefügte Bakterienstämme sorgen für ausreichende Hygiene. Dazu liefern sie die passende Duftnote und Informationen über den Gesundheitszustand



Designer-Mundbakterien sorgen für frischen Atem und nie mehr Karies



Kleidung wächst uns gleich einer zweiten Haut. Überreste werden kompostiert und recycelt.



Nahrung & Reduktions-Organ
Ein abwechslungsreiches Buffet essfertiger Speisen steht permanent bereit. Wird zu viel geerntet, wird es allerdings schwieriger an sie heranzukommen. Um die organischen Reste und Ausscheidungen kümmert sich das integrierte Reduktionsorgan.



Bio-CAD-Printer liefern brandneue Keime, aus deren ausgewachsenen Organismen trendige wie nützliche Biofakte wachsen.



Abbildungen:

1. Rekonstruktion Ötzi [18.5.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Oetzi_the_ice_man_Rekonstruktion_1.jpg]
2. Model [18.5.2015, <http://thebestfashionblog.com/wp-content/uploads/2015/02/Guido-Maria-Kretschmer-Fall-Winter-2015-2016-Mens-Collection-1.jpg>]
3. Lebende Kleidung, Sonja Bäuml [10.9.2015, http://i.ytimg.com/vi/eg6s_fEhC1Y/maxresdefault.jpg]
4. Voluntary mutation [Biodesign, William Myers, Thames & Hudson 2012, London, Seite 174]
5. Röntgen Gebiss [10.9.2015, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Impacted_wisdom_teeth.jpg]
6. Lebende Kleidung, Sonja Bäuml [10.9.2015, http://www.muurleht.ee/media/Interview_Sonja-B%C3%A4uml_crocheted-membrane.jpg]
7. Laufschuh aus Protozellen [9.9.2015, <http://www.dezeen.com/2013/12/11/3d-printed-trainers-synthetic-biology-protocells-shamees-aden-wearable-futures/>]
8. Biological Atelier, Amy Congdon [Biodesign, William Myers, Thames & Hudson 2012, London, Seite 172]
9. „All-In-One-Fruit“ [10.9.2015, http://www.dravenstaes.ch/wp-content/uploads/2009/02/neue_obstsorte.jpg]

Raum-Organisation

Einfluss des Produkktivsystems auf die Raumanordnung und ihre Funktionen.

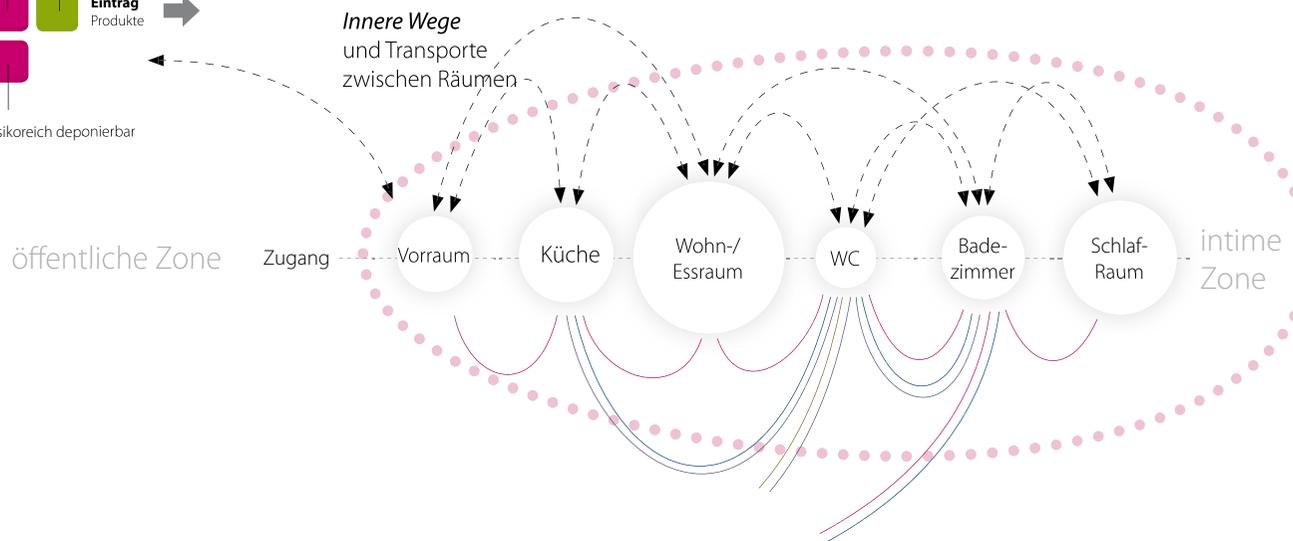
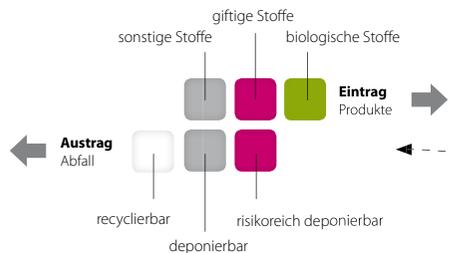
Anorganisches Wohnen

Die heute übliche Raumanordnung orientiert sich nach innen an Nutzungsabfolgen mit kurzen Wegen und berücksichtigt dabei soziale und hygienische Standards. Ein Schlafraum liegt am Ende der Raumabfolge, weil er sauber bleiben soll, intim ist und in der Abfolge meist zuletzt genutzt wird. Türen funktionieren als Schotte und erlauben Raumfunktionen abzukapseln.

So lässt sich eine Toilette, mit ebenso hoher Intimität und Hygieneanforderung wie ein Schlafraum, an beliebige Stelle umreihen. Auch bauphysikalische Sondereinrichtungen (Bad mit Verflüssung) werden so abgetrennt. Dem anorganischen Produktionsparadigma folgend entstehen **viele spezialisierte Raumeinheiten, die relativ selten bzw. nur abwechselnd genutzt werden**, obwohl ihr Herstelleraufwand groß ist.

Dem Herstelleraufwand ist auch der laufende Ressourcenverbrauch bzw. Stoffwechsel hinzuzurechnen. Das sind Produkte (Möbel, Geräte, Gebrauchsartikel, Nahrung, ...), Stoffe und Energie, die über Netzwerke eingebracht werden (Wasser, Gas, Strom, ...), Erhaltungsarbeiten an Wohneinheit und Netzwerken, sowie Entsorgung und Endverarbeitung aller angefallenen Abfälle.

Stoffwechsel über Produkte



Außergrenze
Reinlichkeit innen, abiotisch gelöst (Reinlichkeit, Seite 35)

Stoffwechsel über Netzwerke und Installationen



typischer Wohnungsgrundriss, ca. 75 m²

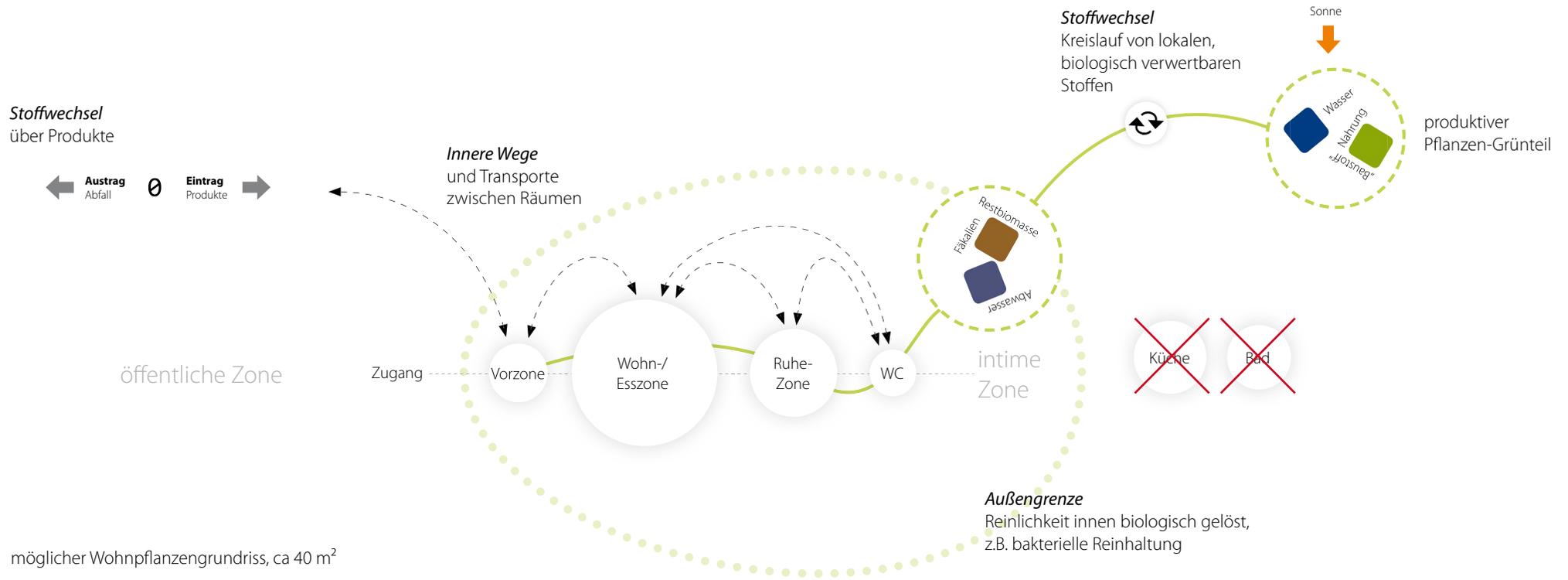


Biologische Raumorganisation

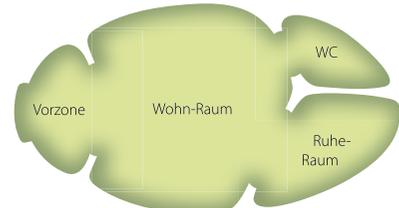
Auch im biologischen Habitat bestimmt die Nutzung die Raumabfolge. Neue Stoffwechselforgänge bringen jedoch Änderungen mit sich. Die Küche, eine besonders aufwändige nahrungsaufbereitende Einheit, wird zunächst aufgelöst*, da das Habitat

standardmäßig gute und gesunde Nahrung essfertig produzieren soll. Ebenso wird das aufwändige Bad durch Oberflächen- und Körper-reinhaltende Bakterien überflüssig. Eine Reduktionseinheit zur Wiederaufbereitung von organischen Abfällen tritt an die Stelle eines WCs und ist nahe den externen Pflanzenorganen

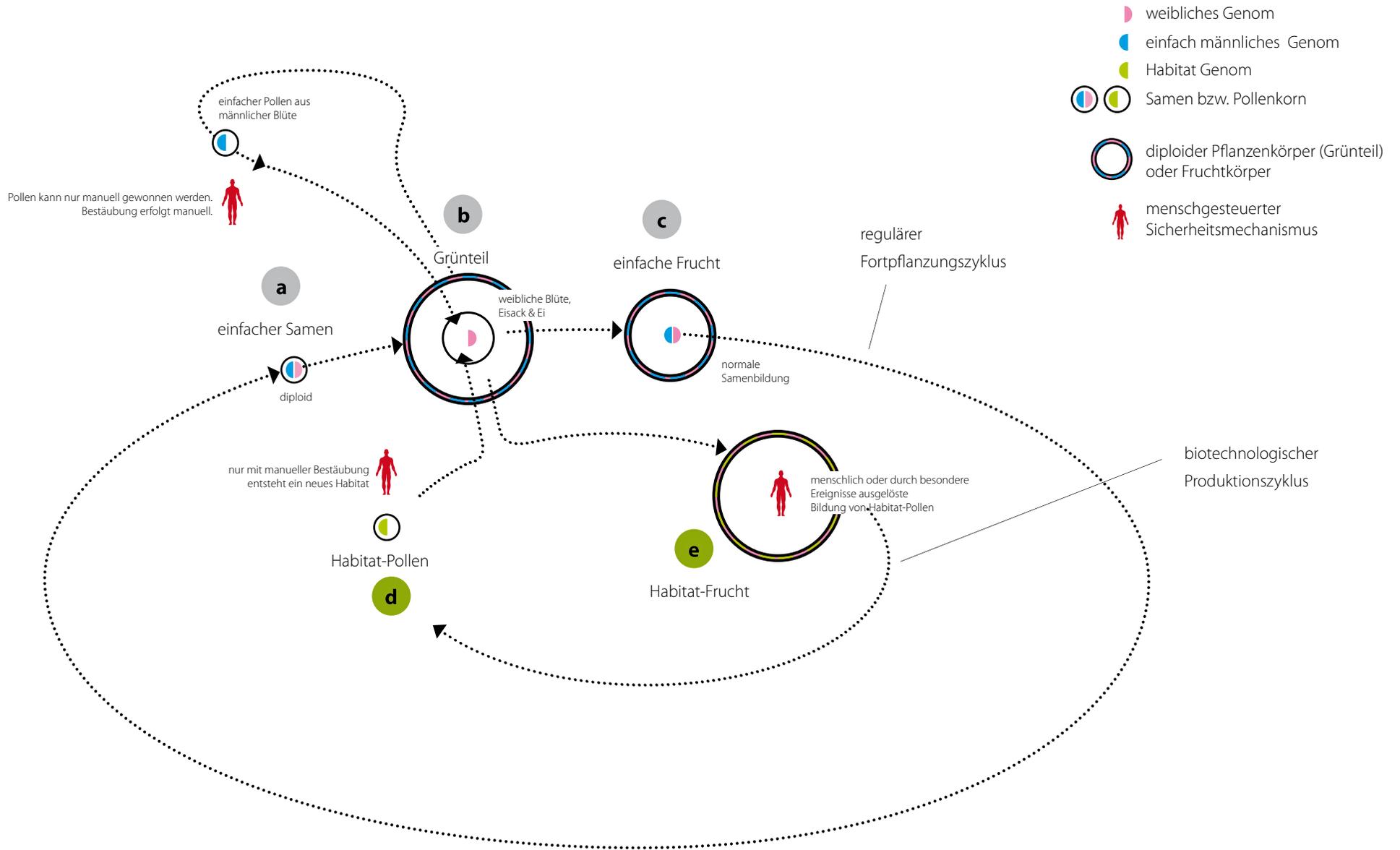
im hinteren Bereich angebracht. Den meisten Raum beansprucht der Wohnraum, in dem auch Nahrung geerntet und konsumiert wird. Eine spezielle Vorzone verhindert das Eindringen unerwünschter Organismen und ist so von großer Bedeutung für die Gesundheit des Habitats und die Reinlichkeit des Innenraums.



möglicher Wohnpflanzengrundriss, ca 40 m²



*Ich persönlich halte die Bedeutung der „Küche“ für besonders stark kulturell verankert. Daher ist sie im Entwurf als optionale, anorganische Raum-Extension eingezeichnet.



- weibliches Genom
- einfach männliches Genom
- Habitat Genom
- ●
●
 Samen bzw. Pollenkorn
- ●
●
 diploider Pflanzenkörper (Grünteil) oder Fruchtkörper
- menschengesteuerter Sicherheitsmechanismus

Während im regulären Fortpflanzungszyklus nur einfache Früchte entstehen, wächst im biotechnologischen Produktionszyklus eine Habitatfrucht.

Arten-Design

Von der Idee ausgehend, dass es möglich sein wird, Lebewesen von ähnlicher Komplexität zu schaffen wie die natürlichen Vorbilder, stellt sich die Frage nach deren Wachstum, Verbreitung und Zugang. Zu Beginn wird nur eine Zelle, ein Keim oder ein Samen im Labor hergestellt. Doch wie geht es weiter? Sollen alle Organismen nur im Labor wachsen? Dann müssen die passenden Lebensbedingungen immer wieder bereitgestellt werden. Soll der Organismus selbst das Produkt sein oder sollen aus ihm Produkte wachsen? Denn dann müsste die Ausgangsform nicht immer neu hergestellt werden. Oder soll gleich ein voll reproduktionsfähiges System entwickelt werden, das immer latent produktionsbereit ist und bei Bedarf Produkte wie z.B. ein ganzes Habitat herstellt? Das würde dem Nutzer biologischer Produkte die meisten Freiheiten bringen. Allerdings wären auch neue Sicherheitsvorkehrungen notwendig, damit keine ungesteuerte Verbreitung bzw. Produktion passieren kann.

Auf der Suche nach jener natürlich vorhandenen Art, die am ehesten als Ausgangspflanze dienen könnte, legt ein Blick auf das Trophieebenen-Modell nahe, dass sie dem Pflanzenreich entstammen sollte. Die Wahl fällt auf die Gattung Kürbisartige (👉 Seite 130) mit den z.T. größten

vorkommenden Früchten der Welt. Der Gewichtsunterschied zwischen einem durchschnittlichen 1–3 kg schweren Kürbis und dem größten Zuchterfolg liegt immerhin bei Faktor 350 bis 1000. Schon ein Bruchteil dieser Entwicklungsspanne würde genügen, um eine ausreichend große Form zu erhalten.

Es soll sich demnach um eine Pflanze handeln, aus der „Habitat-Kürbisse“ wachsen. Sie soll durch Wachstum und Vermehrung, vielen Menschen zugänglich sein und Schutzmechanismen gegen Wildwuchs erhalten:

- a. Es gibt einfache Samen.
- b. Aus ihnen wächst der einhäusige, winterharte „Grünteil“ mit Wurzel, Spross und Blatt. Er kann mindestens so lange leben wie Menschen (z.B. max 120 Jahre).
- c. Er kann potentiell einfache Früchte mit neuen Samen bilden. Der Sicherheitsmechanismus: alle männlichen Blüten sind von Haus aus verschlossen. Männliche Pollen müssen manuell gewonnen werden und weibliche Blüten manuell bestäubt. Damit kann die Pflanze reproduziert werden, breitet sich aber nicht selbstständig aus.
- d. Jeder Grünteil kann ein Habitat ausbilden. Dazu

muss dieser mit den speziellen Habitat-Pollen befruchtet werden. Dieser enthält die Habitat-Expressionen und aktiviert stark beschleunigtes Wachstum in der Pflanze.

- e. An einer mit Habitat-Pollen bestäubten Blüte wächst eine Habitat-Frucht. Sie bleibt immer mit dem Grünteil verbunden und kann genauso alt werden wie er. Erster Sicherheitsmechanismus: Nur ein menschengesteuertes Ereignis wie etwa die Schwangerschaft der Bewohnerin oder ein frühzeitiges Versagen des Habitats führen zur Herstellung neuer Habitat-Pollen. Zweiter Sicherheitsmechanismus: Der Habitat-Pollen muss manuell auf eine weibliche Blüte aufgebracht werden.

Kürbisartige

Für den neuen Habitat-Organismus ist, dem Bottom-Down-Entwicklungsansatz folgend, eine passende existierende Pflanze zu finden, um sie dann zu verändern und mit weiteren existierenden biologischen Funktionen (4. Bausteine der Biologie, 📖 Seite 53) auszustatten. **Auf der Suche nach passenden Ausgangsorganismus sticht die Gattung der Kürbisartigen ins Auge.** Sie verfügt über ein beeindruckendes Spektrum an Eigenschaften und Fähigkeiten: Manche Arten können sich extrem schnell verbreiten – über den Boden kriechend, kletternd oder als bis zu 40 Meter hohe Bäume aufragend. Sie können in kühlen Nebelwäldern oder heißen, wüstenartigen Gebieten gedeihen.

Harte Panzerschalen schützen dabei die riesigen Früchte. In der größten Familie dieser Gattung, den Kürbisgewächsen, befinden sich auch alte Bekannte wie der Schwammkürbis, der Flaschenkürbis, die Wassermelone, die Koloquinte und der Speisekürbis – die vermutlich älteste Kulturpflanze der Welt (ca. 10.000 Jahre alt). Der in Südamerika domestizierte Riesenkürbis *Cucurbita maxima* liefert die größten Pflanzenfrüchte der Welt. Der bisher schwerste je gewogene Kürbis kam 2014 aus Deutschland und wog 1.054 kg. Züchter wetteifern an einer weiteren Verschiebung der Gewichtsgrenze. Die Früchte bieten mittlerweile Kindern Platz oder lassen sich als Ruderboote verwenden.



Riesenkürbis *Cucurbita maxima*

- ✓ Riesenfrüchte bis 1000 kg
- ✓ Seitenzweige bis 15 m lang
- ✓ 7fach-Verzweigung möglich
- ✓ Teilweise ausdauernde Sorten
- ✓ Weltweit anzubauen



Best Of Cucurbitae



Wassermelone *Citrullus lanatus*

- ✓ schneller Bodendecker
- ✓ Zuckerreich



Schwammkürbis *Luffa aegyptiaca*

- ✓ Breite Scheidewände
- ✓ Elastische und stabile Struktur



Flaschenkürbis *Cucurbita lagenaria*

- ✓ Panzerschale
- ✓ 60 cm Sprosswachstum in 24 Std.



Cucurbita foetidissima

- ✓ Ausbreitung: 360 Sprosse mit bis zu 12 m Radius in einer Saison



Abbildungen

1. Riesenkürbis im Garten [16.4.2015, bilder.bild.de/fotos/kuerbisriesenkuerbis_41079623_mbqf-1411754371-37916720/Bild/2.bild.jpg]
2. Kind im Kürbis [17.4.2015, p5.focus.de/img/bilder-des-tages/crop1054839/5522718217-w1200-h627-o-q75-p5/k-FCrbis.jpg]
3. Bootsfahrt im Kürbis [20.03.2015, www.berliner-kurier.de/image/view/2012/8/16/17265424,14586791_highRes,1347804493.jpg]
4. Züchter mit Riesenkürbis [17.4.2015, www.haz.de/var/storage/images/op/nachrichten/panorama/wikipedia/commons/5/57/Watermelon-garden.jpg]
5. Wassermelone [16.04.2015, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Watermelon-garden.jpg]
6. Schwammkürbis Luffa [14.9.2015, ecx.images-amazon.com/images/I/410Xst86g5L.jpg]
7. Flaschenkürbis [17.04.2015, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Courge_encore_vert.jpg]
8. Cucurbitae foetidissima [10.10.2015, smmtc.org/plantpix/pix_Calabazilla_01.JPG]
9. Dendrosicyos socotranus [15.1.2015, www.okwave.com/uploads/attachments/post/image_9/27990/14.jpg?1394807639]
10. Gurke [12.4.2015, 1.bp.blogspot.com/-YDllyyZzXCI/UPg9nGIVB-I/AAAAAAAAAEU/vLydPRBboc/s1600/IMG_1958.jpg]
11. Koloquinte [16.4.2015, upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Adrar-Coloquinte.JPG]

Quellen:

- Kürbisgewächse [15.5.2014, de.wikipedia.org/wiki/Kürbisgewächse, 13.3.2014]
- Flaschenkürbis [16.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Flaschenkürbis, 18.11.2014]
- Gurke [16.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Gurke, 13.3.2015]
- Kürbisartige Bäume [16.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Tetramelaceae, 25.9.2014] [16.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Dendrosicyos_socotranus, 3.11.2014]
- Koloquinte [16.4.2015, de.wikipedia.org/wiki/Koloquinte, 17.2.2015]
- Schwammkürbis [25.5.2014, de.wikipedia.org/wiki/Schwammkürbis, 14.4.2014]
- Alsomitra macrocarpa [Wikipedia, 3.11.2014, Alsomitra macrocarpa, de.wikipedia.org/wiki/Alsomitra_macrocarpa, 16.2.2015]
- Cucurbita foetidissima [10.10.2015, de.wikipedia.org/wiki/Cucurbita_foetidissima, 31.3.2015]



Dendrosicyos socotranus

- ✓ Baumartig, ausdauernd
- ✓ Anastomosierendes Xylem (Holz)



Gurke *Cucumis sativus*

- ✓ Stark wasserspeichernd
- ✓ Sorten mit bis zu 5 Scheidewänden



Koloquinte *Citrullus colocynthis*

- ✓ Knollenbildend
- ✓ 15 m lange Pfahlwurzel

Habitat Körperstruktur

Der Fruchtkörper des Schwammkürbis *Luffa aegyptiaca* mit seinem holzigen Gewebegeflecht soll die **Grundgeometrie des Habitats** liefern. Seine Form ist ellipsoid. Innen sitzen zur Längsachse radial angeordnete Zwischenwände, im folgenden als „Flügel“ bezeichnet. Der Querschnittsradius soll später groß genug sein, um eine adäquate Wohnraumhöhe zu erreichen und, zusammen mit Länge und abgeflachtem Bodenbereich, breit genug sein, um die benötigte Wohnfläche (Raum-Organisation, 📌 Seite 126) zu bilden. Die Gewebedichte der Wand soll von innen nach außen abnehmend sein um ausreichend Dämmwirkung zu erzielen.

Um das eigene Gewicht tragen zu können, bedarf die Außenwand einiger **Differenzierungen**:

Ein holziges Tragskelett, ähnlich dem der Erdnussfrucht, soll sie statisch unterstützen und gleichzeitig die zentralen Versorgungsgefäße schützen.

Die Außenhaut bodenberührter Zonen muss Wurzelstockgewebe ausdifferenzieren, um permanent gegen Feuchtigkeit geschützt zu sein.



Außen skelett
Teile der Versorgungsstruktur der Erdnuss bilden ein tragfähiges Skelett aus. (Verholzung, 📌 Seite 87)



Materialstruktur
Das flexible Innengeflecht der Luffa ist bei ausreichendem Querschnitt stabil und der Struktur nach skalierbar. (Logik der Bio-Struktur, 📌 Seite 103)



Innenraumstruktur
Die Zwischenwände der Fruchtfächer (Flügel) liefern die Ausgangsstruktur für den zu gestaltenden Innenraum.



Bilder:
Erdnuss [10.9.2015, www.thehealthjournals.com/wp-content/uploads/2012/09/peanut.jpg]
Luffa Struktur [27.4.2015, elkinsparkfarm.files.wordpress.com/2012/12/close2.jpg]
Luffa Flügel [Ausgangsbild: 10.9.2015, ex.images-amazon.com/images/I/410Xst86g5L.jpg]
Mensch Silhouette [20.4.2015, Free Font, „Human Silhouettes Six“, Intellecta Design, www.fontspace.com]
Luffa [20.4.2015, <http://www.amazon.de/Farang-Loofah-Luffaschwamm-Thailand-St%C3%BCck/dp/B00FHWTBRO>]

Die Idee eines organisch kompakt dem Menschen auf den Leib geschneiderten Wohnens ist nicht neu.

Die *Fantasy Landscape* von Verner Panton ist Raummöbel und Möbelraum zugleich und strahlt eine homogene Materialität aus, die nicht auf eine spezielle Nutzung festgelegt werden will. Die uneindeutigen organischen Formen stehen im Widerspruch zur geradlinigen Designästhetik des kontrollierten funktionsoptimierten Materials und Raums. Die uneindeutige Nutzung steht im Widerspruch zum Effizienzgedanken an und für sich – ein Luxusartikel und Hilfestellung, um standardisiertem Körpergebrauch zu entgehen.

Fantasy Landscape, Verner Panton, 1970 [http://sputnik.uk.com/wp-content/uploads/2014/04/verner-panton-sputnik-design-6.jpg, 20.4.2015]



Auch der *Living Tower* will spielerisch entdecktes Ding und Raum sein, und gewinnt damit verlorene Eigenschaften natürlicher Umwelt zurück. In ihm wird der Benutzer auch zum Entdecken des eigenen Körpers angeregt. Das Ergebnis ist je nach Lebenslage und Körpergröße ein anderes.

Living Tower, Verner Panton, 1969 [http://verner-panton.tagwerc.de/product_images/r/376/living_tower_vitra_verner_panton_1969_visiona_2__28391_zoom.jpg, 20.4.2015]



Turn-On von Alles wird gut löst den Gegensatz von Mobilität und Immobilie weiter auf. Die im tektonischen Bau unverzichtbaren Elemente Boden, Wand und Decke werden durch den drehbar organisierten Raum abgeschafft. Spezialisierte Sektionen können in unterschiedliche Lage zueinander gebracht werden. Alle Oberflächen sind funktionell hart.

Turn On, Alles wird gut, 2011 [http://blog.kineticarchitecture.net/wp-content/uploads/2011/04/turnon-1_cl.jpg, http://thefunambulistdotnet.files.wordpress.com/2010/12/turnon2.jpg, 20.4.2015]



Das *Rolling House* ist ganz rollbar.

Rolling House, Univ. Karlsruhe 2010 [http://img.designswan.com/2010/06/roll/1.jpg, 2.jpg, 4.jpg, 20.4.2015]



Das *Parkhotel* in Ottensheim nahe Linz reduziert Wohnen auf seine Essenz als privaten Zufluchtsort: ein verschließbares Kanalrohr mit Bett und Leuchte. Wer mehr (er-)leben will, muss draußen danach suchen. Dazu verrät ein kleiner, analoger „Helligkeitsanzeiger“, ob gerade Tag oder Nacht herrscht.

Park-Hotel, Andreas Strauß [http://www.dasparkhotel.net/rooms/concrete-tube.jpg, http://www.menschkunst.de/images/tpl_images/2b7fd8006453938ced111157eed51e9b_10.jpg, 20.4.2015]

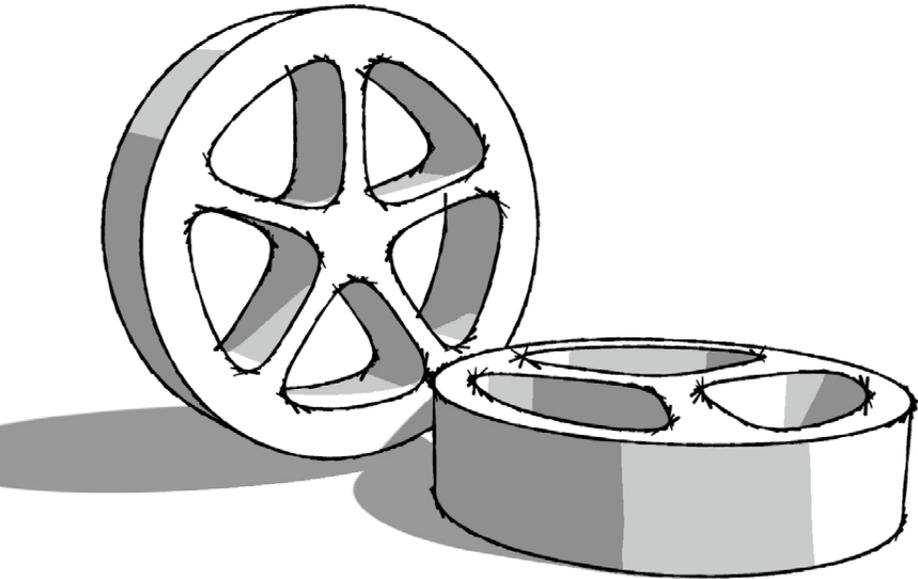


Innenstruktur

Bei anorganischer Bauproduktion werden Teile nach und nach zum geplanten Ganzen addiert.

Beim wachsenden Organismus ist dagegen ein Großteil des Designs bereits im Vorhinein mittels genetischem Bauplan fixiert. Eine weitere nachträgliche Gestaltung durch den Benutzer erfolgt hier durch Beeinflussung von Wachstum und Veränderung oder Entnahme von nicht benötigten Teilen.

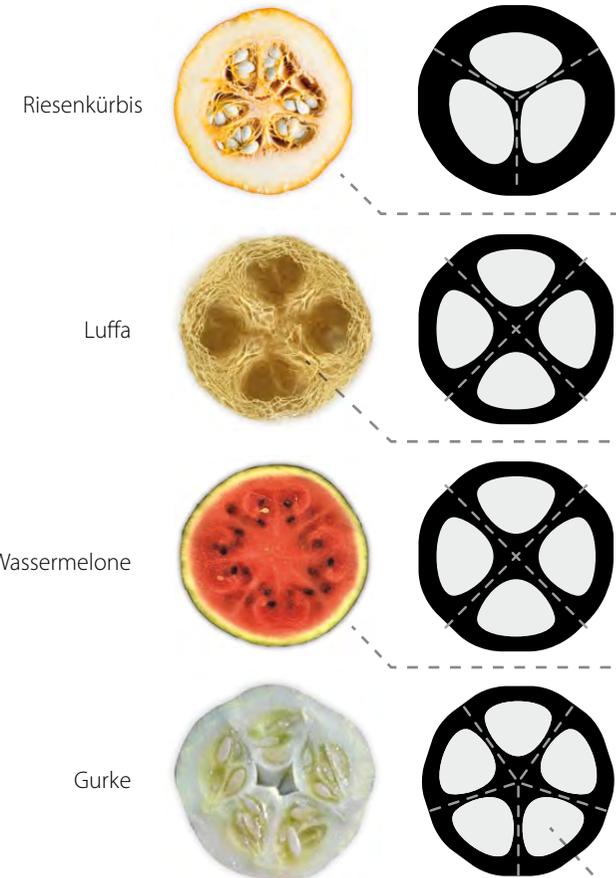
Der unbearbeitete Organismus muss dazu „überevullständig“ oder vieldeutig angelegt sein.



Der Innenraum wird bei Kürbisartigen durch die längs verlaufenden Fruchtfächer (Flügel) vorstrukturiert. Dabei sind sowohl Flügelwand- und Zwischenmaterial als auch Anzahl der Flügel verschieden.

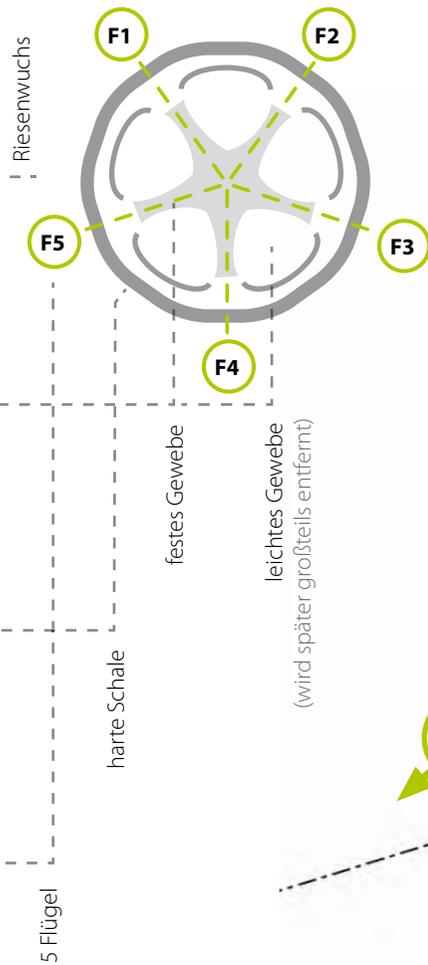
Der Entwurf bedient sich günstiger Eigenschaften und kombiniert sie: das Riesenwachstum des Riesen Kürbis, die Gewebestruktur der Luffa, die harte Schale der Wassermelone und eine Unterteilung in fünf Kammern. Zwar sind fünf Fruchtkammern bei Kürbisgewächsen nicht die Regel. Sie konnten aber durch einfache Selektion bereits evoziert werden.

Kürbisarten mit verschiedenen Eigenschaften

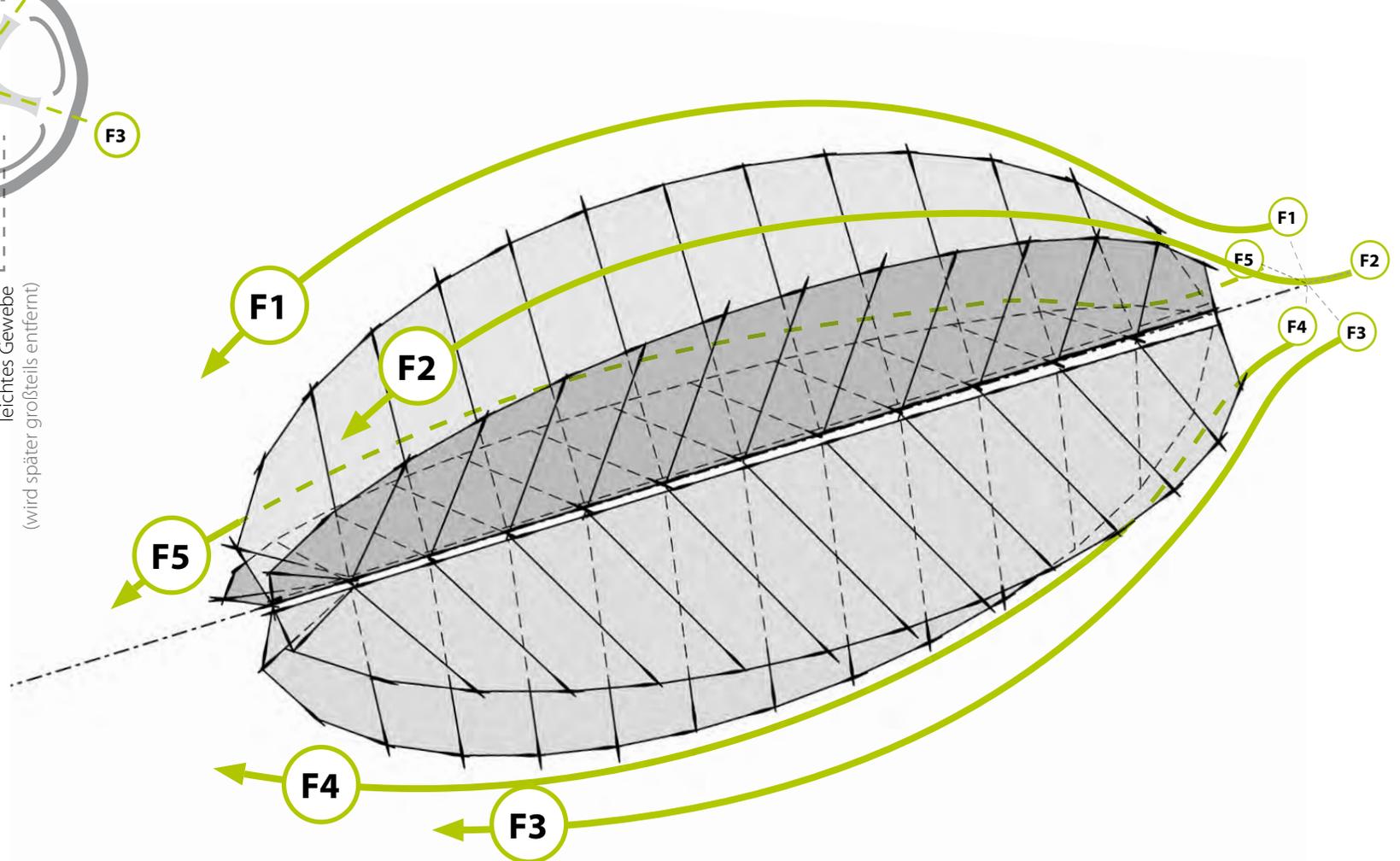


Gewebetyp & Strukturtyp

Je nach Art und Reifegrad variiert das Fruchtkammerngewebe von wässrig bis holzig. Auch die Innenraumstruktur variiert: Kürbisse sind meist 3-fächerig, Luffas aber auch 3- oder 4-fächerig, Wassermelonen 4-fächerig. Die Gurkenzüchtung „Lemon“ hat 5 Fächer.



Fünf Fächer sollen die Ausgangsstruktur für den Innenraum bilden.
Gewebetypen legen Materialeigenschaften fest.



Abbildungen Kürbisgewächse links Seite:
 Kürbis [10.9.2015, www.cheesesexdeath.com/wp-content/uploads/2013/10/IMG_5311.jpg]
 Luffa [10.9.2015, ecx.images-amazon.com/images/I/410Xst86g5L.jpg]
 Wassermelone [19.10.2015, www.torkado.de/images/wm_d.jpg]
 Gurke [10.9.2015, http://www.magicgardenseeds.de/images/product/CUC10/CUC10_04.jpg]

Innere Funktionsanordnung

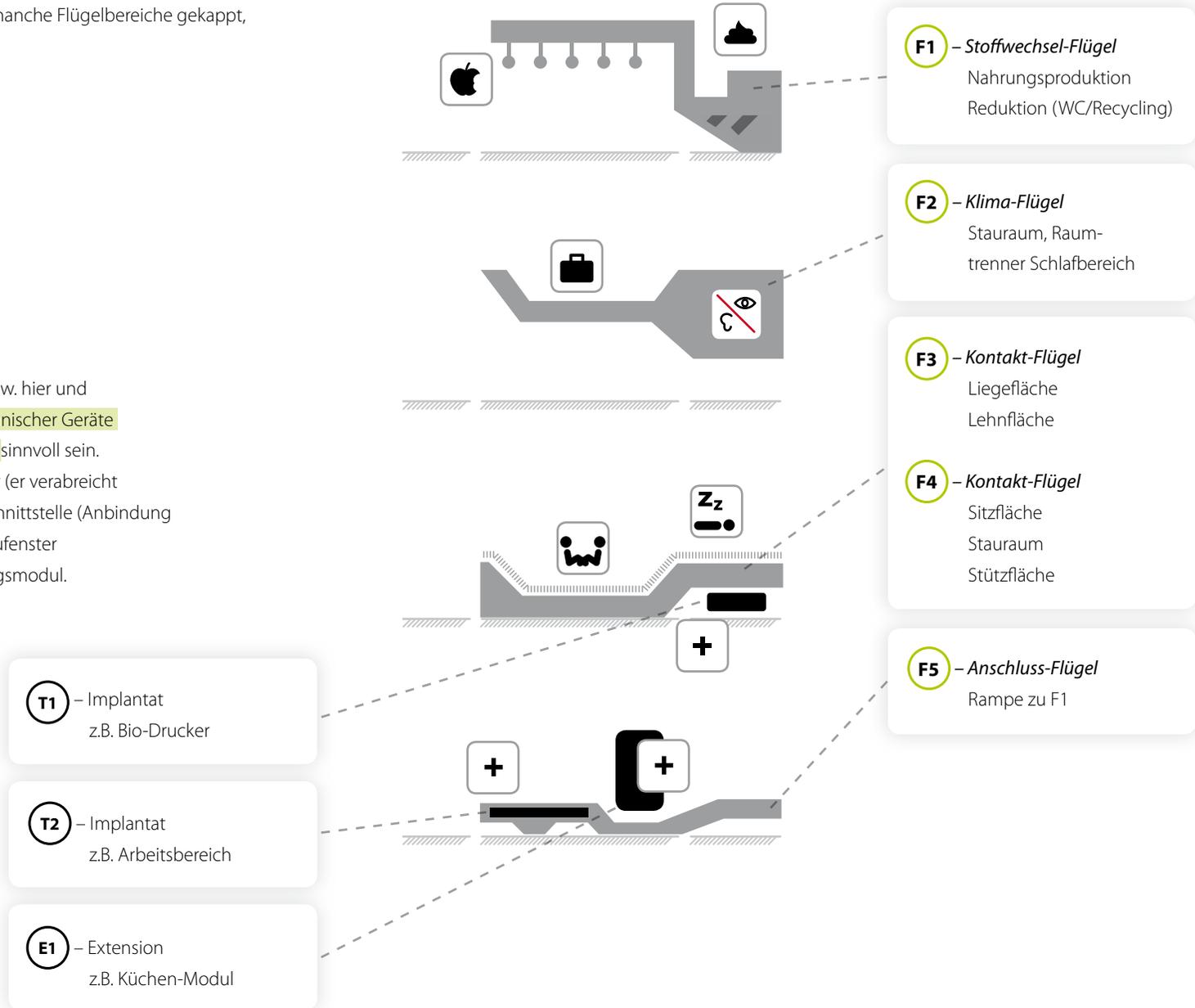
Basis- und erweiterte Funktionen werden auf die Flügel F1 bis F5 verteilt.

Um für den Menschen gut nutzbar zu sein, müssen manche Flügelbereiche gekappt, verdreht oder versetzt werden.

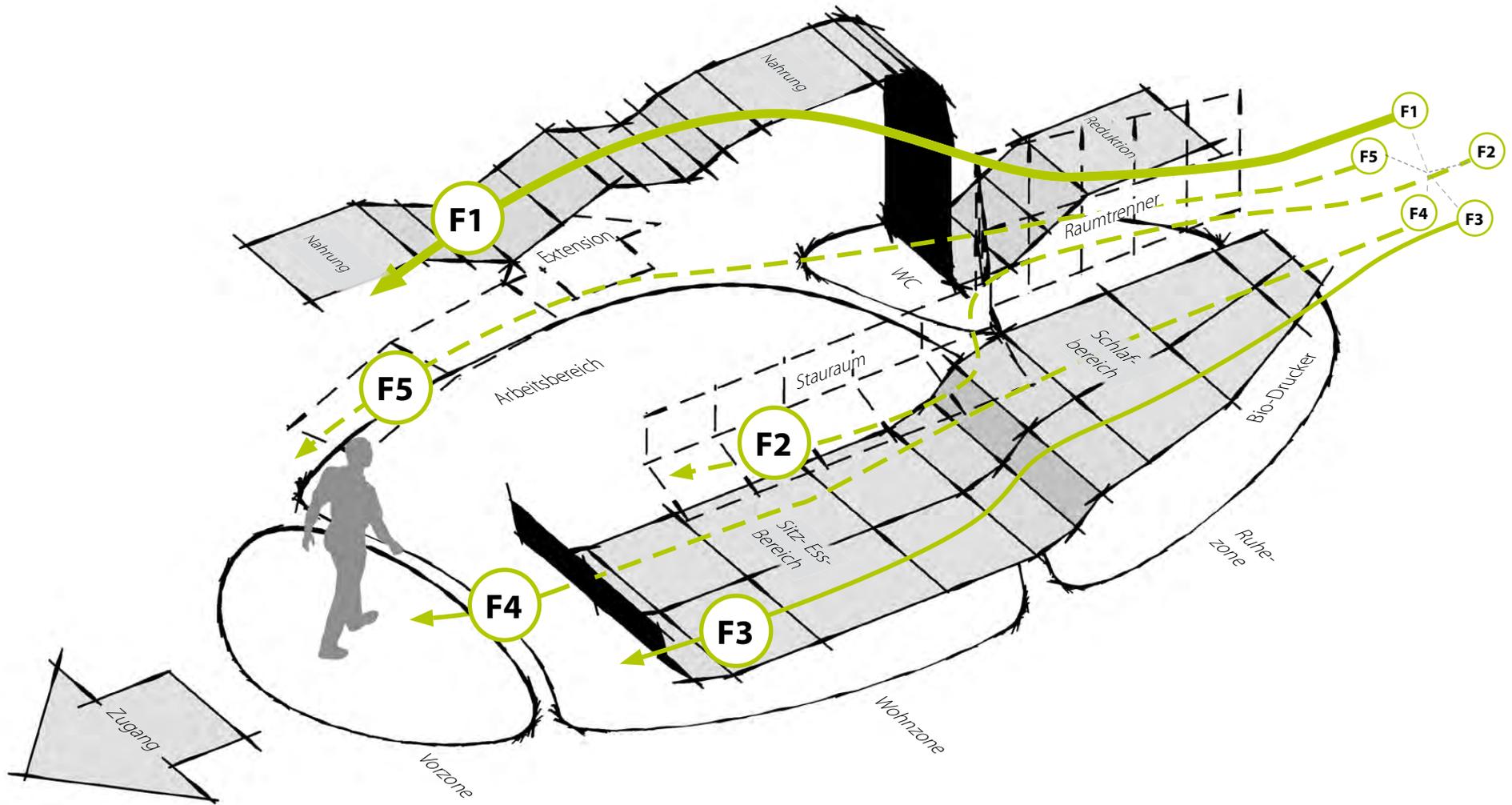
Extensions & Implantate

Da nicht alle Funktionen biologisch gut abbildbar (bzw. hier und heute denkbar) sind, könnten Implantationen anorganischer Geräte und anorganische Körper- bzw. Raumerweiterungen sinnvoll sein.

Das wären beispielsweise ein integrierter Bio-Drucker (er verabreicht Habitat-Systemupdates), ein Arbeitsbereich mit IT-Schnittstelle (Anbindung an das Internet), aus Kunststoff hergestellte Leichtbaufenster und ein z.B. als Küche ausgeführtes Raumerweiterungsmodul.



Anordnung von Basis- und erweiterten Funktionen
gemäß Raum-Organisation (☛ Seite 126).



Modellierungs-Techniken

Unter einem „Grünen Daumen“ versteht man schlechthin gute Pflanzenkenntnisse und die damit einhergehende Fähigkeit, Wachstumsverhalten vorhersagen und beeinflussen zu können, um einige wichtige Fragen beantworten zu können.

„Wann beginnen Pflanzenteile zu wachsen?

Wie verändert sich das Gewebe im Wachstum?

Wann und wie strecken sich Pflanzenteile?

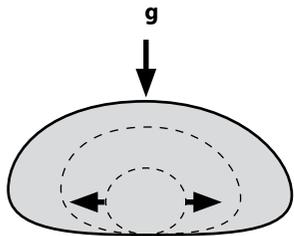
Wie kann ich eine nützliche Pflanzenreaktion provozieren?

Wie werden Endgestalt und Endlage sein?“

Auch wenn heute noch keine Pflanzen zu leistungsstarken Habitaten heranwachsen,

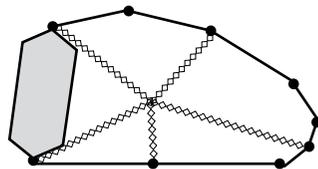
setze ich diese möglichen Vorgehensweisen zur Manipulation der Form für den Entwurf voraus:

- Durch Beschnitt von Flügelwänden und Stützgewebe können die finale Außenform und Lage beeinflusst werden.
- Durch lokale Transplantationen von Flügelwandteilen lässt sich der Innenraum umgestalten (s. rechts).
- Durch biochemische Beeinflussung lassen sich gewünschte Veränderungen hervorrufen (s. rechts).



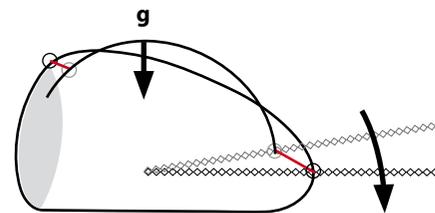
Höhen- und Breitenwachstum

Hüllenskelett, Schale, Innenflügel und Zwischengewebe stützen das hohe Eigengewicht des Körpers. Durch den Zeitpunkt und den Ort der Entnahme oder des Beschnitts von stützendem Gewebe wird die Absenkung, und damit das Verhältnis von Bodenfläche, Raumhöhe und Raumbreite, beeinflusst.



Formbeeinflussung

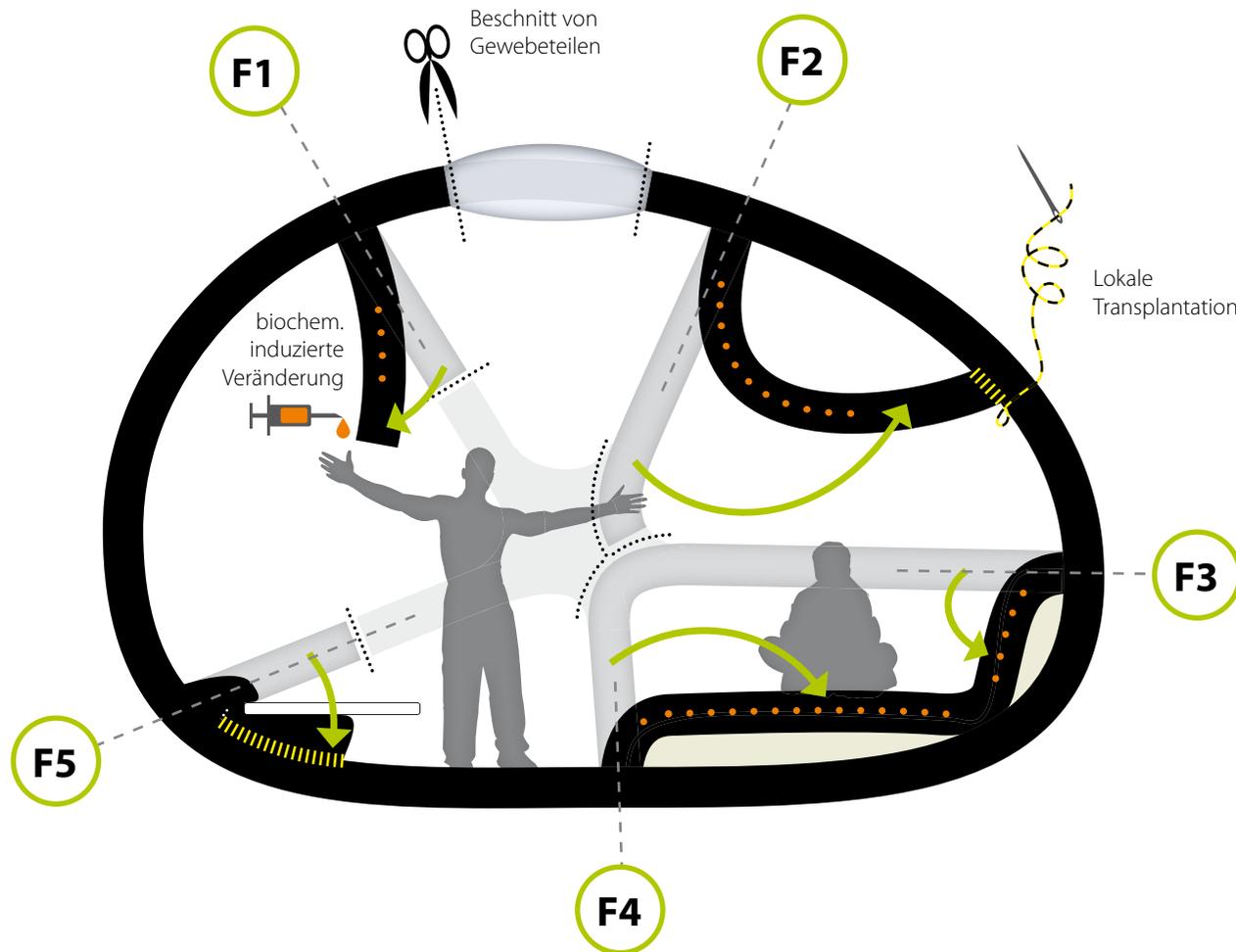
Die Schale gleicht mit zunehmender Verholzung einem elastischen Ellipsoid. Durch Bearbeitung der Flügelwände, die horizontal als Zugbänder fungieren, und dazwischenliegendem Stützgewebe, lässt sich die Schalenform stellenweise beeinflussen. Hier soll links ein ausreichend hoher Durchgang ermöglicht werden.



Schwerkraft

Durch im Körper verbleibendes Stützgewebe, das nach der später einsetzenden Verholzung der Schale entnommen werden kann, lässt sich z.B. eine Rollbewegung zur Ausrichtung eines Fruchtflügels in die Horizontale bewirken.

Es gibt verschiedene Methoden zur Gestaltung des Innenraums.
Frühzeitig entnommenes Gewebe spart dabei Wachstumsenergie.



Beschnitt & Transplantation

Pflanzenteile werden lokal transplantiert, wobei hier im Gegensatz zur Pflanzenveredelung das Gewebe vom gleichen Organismus stammt.
Bild: Beispiel von Verwachsungsergebnissen an jungen Bäumen mit Draht- und Seilschlingen



Abbildungen [Ferdinand Ludwig, Botanische Grundlagen der Baubotanik und deren Anwendung im Entwurf, S. 124, 2012]



Biochemisch induzierte Veränderungen

Die Verabreichung hormonähnlicher Substanzen leitet das Wachstum spezifischer, latent vorhandener Oberflächen und Sonderstrukturen ein (Hormonelle Fernsteuerung, Seite 69).



Abbildungen:
Rosengalle Sommer [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Diplolepis.rosae.7017.jpg, 20.12.2014]
Pflanzengalle [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Apiomorpha_con, 19.4.2015]

Wachstums- & Modellierungsabfolge



Startpunkt

Zunächst wurden einige Blüten des Habitat-Grünteils befruchtet. Im Jahr darauf wird eine Frucht ausgewählt. Nach vielen gut geplanten und erfolgreich ausgeführten Eingriffen, sowie viel laufender Hege und Pflege, wird das Habitat nach einigen Jahren der Reifung seine endgültige Form erhalten und bezugsfertig sein.

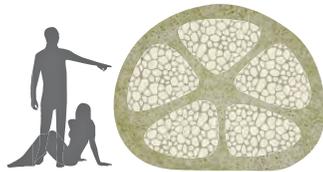
[Schwangere Frau, 12.10.2015, cs620631.vk.me/v620631078/c1ab/1sXO-3wrMRI.jpg],



2. Jahr

Selektion

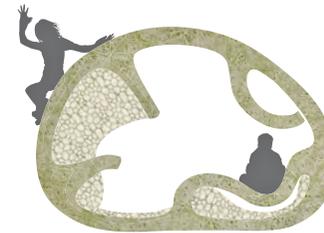
Anhand von Außenform und von Innen-Scans wird die beste Frucht bestimmt. Die anderen Früchte werden frühzeitig abgenommen.



3. Jahr

Planung

Anhand der Lage und der spezifischen Eigenschaften wird der Innenraum und die Umsetzung in den nächsten Jahren genau geplant.



4. Jahr

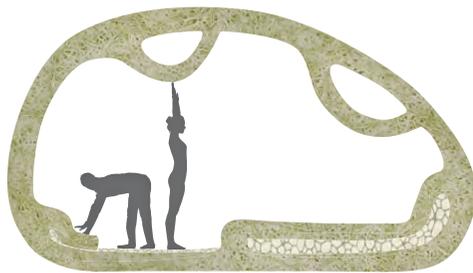
Modelling

Der Zugang wird gelegt! Die Modellierung des Innenraums beginnt: Entnahme von Stützgewebe und erste Flügelanpassungen. Kleine Lagekorrekturen sind noch möglich.



Upgrades

Hormon-Upgrades aktivieren jetzt erweiterte Funktionen und leiten die Bildung von Spezialorganen ein. Boden- & Stützzonen werden fester.



5. Jahr

Eingewöhnung

Das Habitat hat beinahe seine endgültige Form und Größe. Es beginnt erste Nahrung bereitzustellen. Zur Eingewöhnung des Stoffwechsels wird das Reduktions-Organ erstmalig benutzt. Alle Funktionen nehmen langsam ihren Dienst auf.



6. Jahr

Einzug

Fenster werden gesetzt und wachsen bis zum Herbst luftdicht ein. Es passieren letzte Innenraum-Anpassungen. Eine Einweihungsparty bringt den Kreislauf des Habitats endgültig in Schwung.



... Jahr

Leben und Sterben

Bewohner und Habitat bilden häufig eine lebenslange Gemeinschaft. Nach dem Tod oder Wegzug des letzten Bewohners verhungert die Pflanze und stirbt. Binnen weniger Jahre ist alles verrottet.

Ein Bio-Habitat in 6 Jahren

Um das Ziel einer bewohnbaren Struktur möglichst schnell zu erreichen, bedarf es schneller Biomasse-Zuwächse. Die benötigten Mengen ergeben sich aus den

Anforderungen:

- Raumangebot für 2 Personen mit ca. 40 m² (Raum-Organisation, 📖 Seite 126)
- Innenraumtemperatur 24°C (Wandaufbau & Temperierung, 📖 Seite 147)
- Ganzjährig Nahrung und Zusatzleistungen (Erweiterte Funktionalität, 📖 Seite 124)

Da Biomasse-Zuwächse beim produzierenden Grünteil weitere Zuwächse beschleunigen, muss sich vor allem dieser Teil in den ersten Jahren aufbauen, bis die Verteilung zugunsten der „Ernte“ umverlagert wird. Hat das Habitat seine richtige Größe erreicht, werden zwei Drittel des Grünteils nicht mehr benötigt und können zurückgeschnitten werden. Der restliche Grünteil produziert dann nur mehr, um dem Habitat und seinen Bewohnern ausreichend Energie zur Verfügung zu stellen und damit sich der Organismus laufend regenerieren kann (Klimaanpassung, Reparaturen)³.

Erläuterung Illustration:

Nach der Aussaat nimmt die Ertragsfläche der Pflanze jährlich zu. In den ersten 3 Jahren ist der Biomasse-Zuwachs des Grünteils (Grün) größer. Die auf Vorjahrsflächen entstehenden Biomasse-Zuwächse (Orange) werden zum Aufbau des Habitats verwendet. Ab dem 4. Jahr überwiegen sie. Angaben in kg sind trockene Biomasse TM.

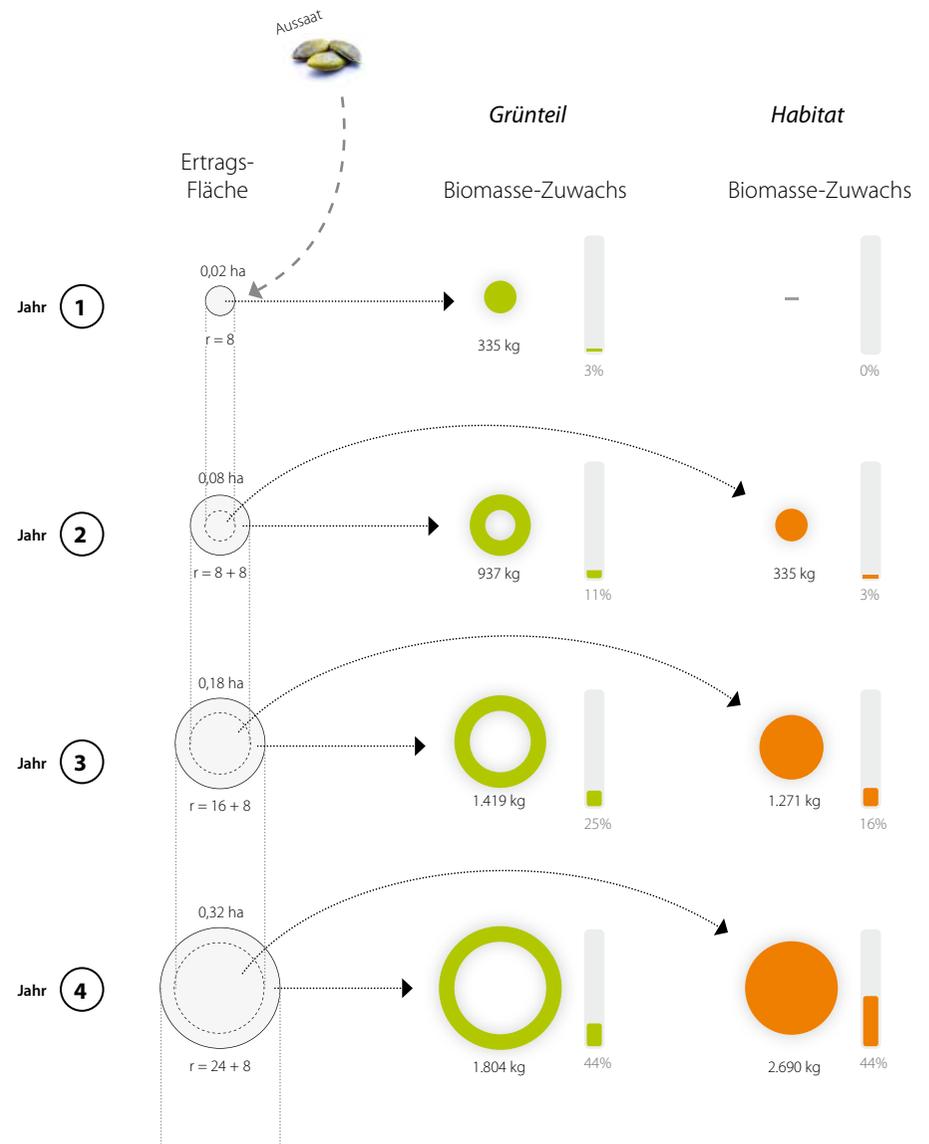
Rechenwerte:

Ausbreitung: + 8 m Radius pro Saison, vgl. 12 m bei Cucurbita foetidissima, s. Kürbisartige (📖 Seite 130)

Produktivitätswert: 1,66 kg/m²,a, vergleiche C3-Pflanzen Europa, 2 kg/m²,a, s. Wachstum (📖 Seite 61)

Winterhart: im Winter muss ein Restmaß an Photosynthese stattfinden damit Stoffwechsel stattfinden kann, s. Thermoregulierung & Frostschutz (📖 Seite 79)

Energie: 1276 kg Wurzel-Biomasse speichern 3.100 kWh oder 11.200 MJ für Heizen (731 kg), s. Wandaufbau & Temperierung (📖 Seite 147), 8400 MJ für erweiterte Funktionen² (545 kg), vgl. Nahrung 1 Person/Jahr=3000 MJ, paradische Nutzung als Stromquelle, s. Energiespeicher & Wandler (📖 Seite 81)



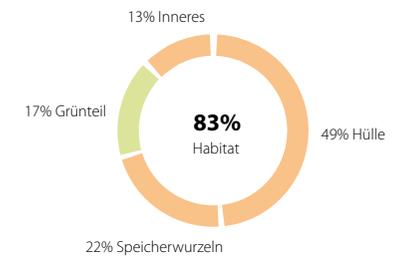
Gesamtpflanze									
Jahr	Radius ¹ m	Fläche ha	Biom. TM total kg	TM-Prod. ² brutto kg/a	TM-Verbr ³ Pflanze kg/a	Biom. TM M.-Verbr. ^{4,5} kg/a	Biom. TM akkum. kg/m ²	Biom. FM akkum. kg/m ²	C akkum. kg/m ²
1	8	0,02	335	335	0	0	1,7	5,3	0,8
2	16	0,08	1.606	1.338	-67	0	2,0	5,9	1,0
3	24	0,18	4.296	3.011	-321	0	2,4	6,5	1,2
4	32	0,32	8.790	5.353	-859	0	2,7	7,2	1,4
5	40	0,50	15.396	8.364	-1.758	0	3,1	7,8	1,5
6	48	0,72	16.396	5.356	-3.079	-1.276	2,3	5,7	1,1
7	30	0,27	12.289	4.556	-3.279	-1.276	4,5	10,3	2,2
8	27	0,22	11.838	3.734	-2.458	-1.276	5,3	11,9	2,6
9-	26	0,22	11.790	3.645	-2.368	-1.276	5,4	12,1	2,7

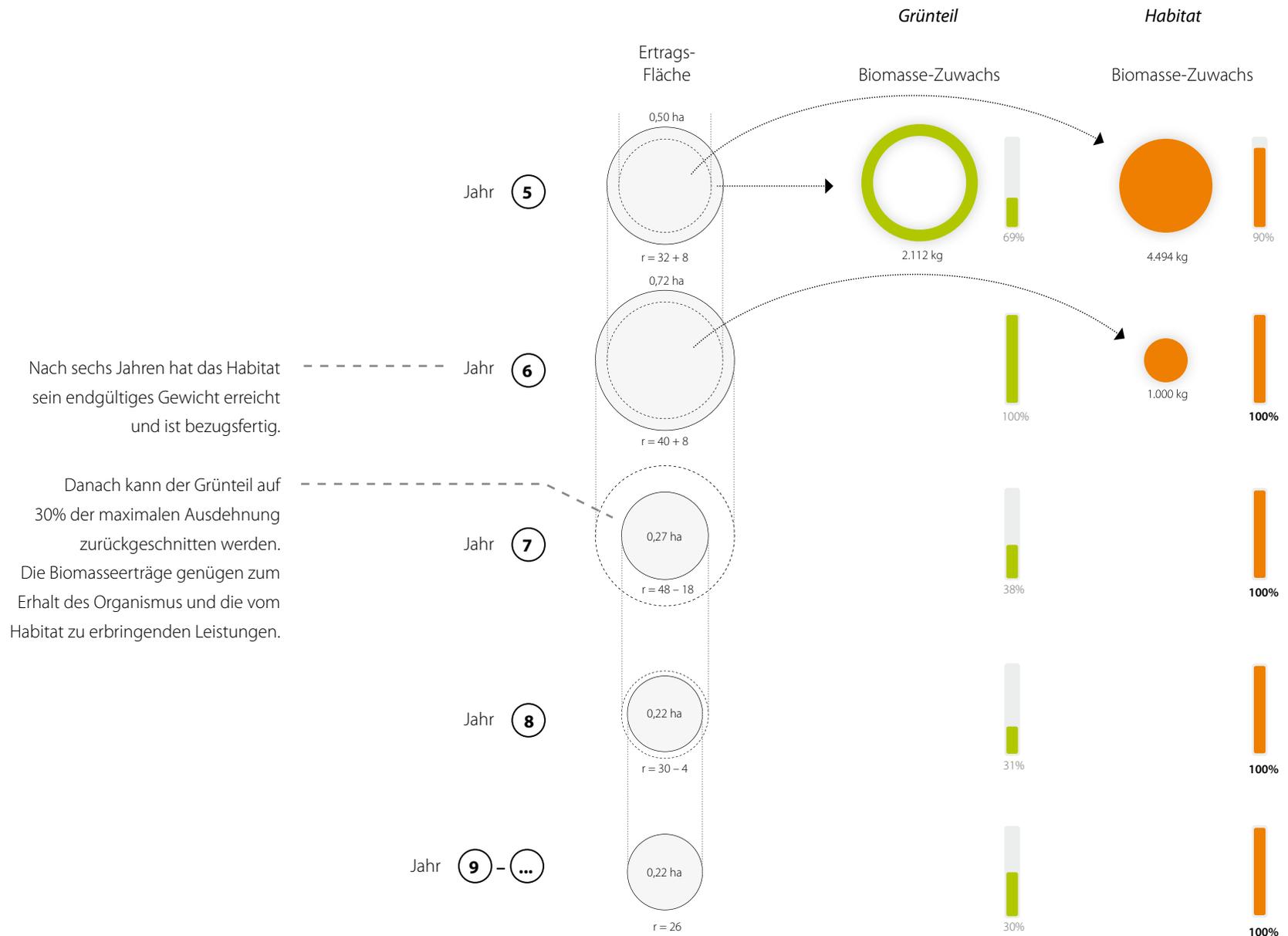
Grünteil			Habitat							
Jahr	Biom. TM Zuwachs kg/a	Biom. TM Sum. neu kg	Biom. TM Zuwachs kg/a	Biom. TM Sum. neu kg	Nutzfläche m ²	Breite m	Länge m	Höhe m	Wand m	Biom. TM Verbr. ^{4,5} kg/a
1	335	335	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0
2	937	1.271	335	335	3,7	2,2	2,7	1,7	0,01	0
3	1.419	2.690	1.271	1.606	11,3	3,7	4,8	2,6	0,05	0
4	1.804	4.494	2.690	4.296	23,0	5,2	7,2	3,5	0,14	0
5	2.112	6.606	4.494	8.790	38,3	6,0	9,5	3,6	0,29	0
6	0	6.606	1.000	9.790	41,4	6,1	11,1	3,6	0,32	-1.276
7	0	2.499	0	9.790	41,4	6,1	11,2	3,6	0,32	-1.276
8	0	2.048	0	9.790	41,4	6,1	11,2	3,6	0,32	-1.276
9-	0	2.000	0	9.790	41,4	6,1	11,2	3,6	0,32	-1.276

¹ Ausbreitung Durchmesser	16 m/a
² mittlerer Ernteertrag	1,66 kg TM/m ² a
³ zu erneuernde Biomasse	20% pro Jahr
⁴ mittlere Anz. Bewohner	2 Pers.
⁵ Energiedichte Wurzel	15,3 MJ/kg TM

Geschätzte Masseverteilung

Den größten Masseanteil macht schließlich die Hülle des Habitats aus, gefolgt von Innenstruktur, versorgendem Grünteil und Speicherwurzeln, die einen Ganzjahres-Energiebedarf für Heizen, Licht und Nahrung für 2 Personen abdecken.



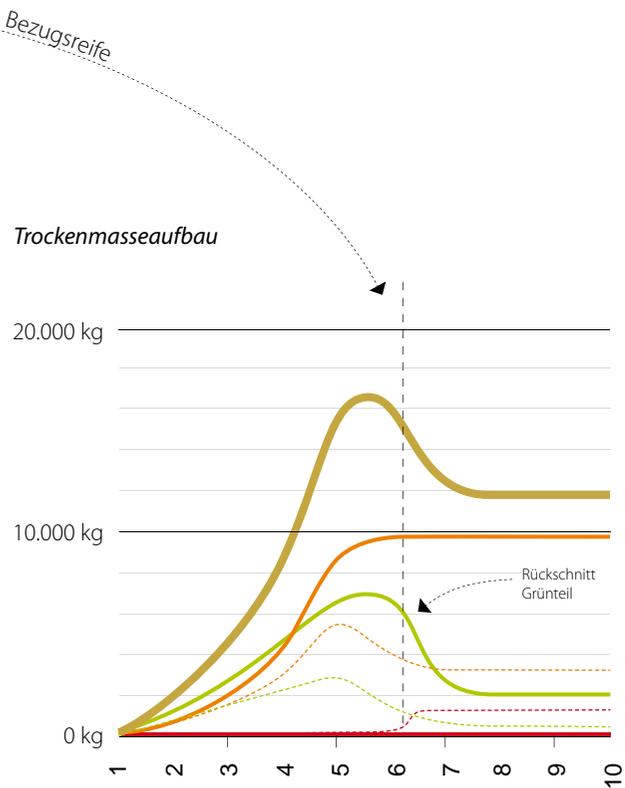


Nach sechs Jahren hat das Habitat sein endgültiges Gewicht erreicht und ist bezugsfertig.

Danach kann der Grünteil auf 30% der maximalen Ausdehnung zurückgeschnitten werden. Die Biomasseerträge genügen zum Erhalt des Organismus und die vom Habitat zu erbringenden Leistungen.

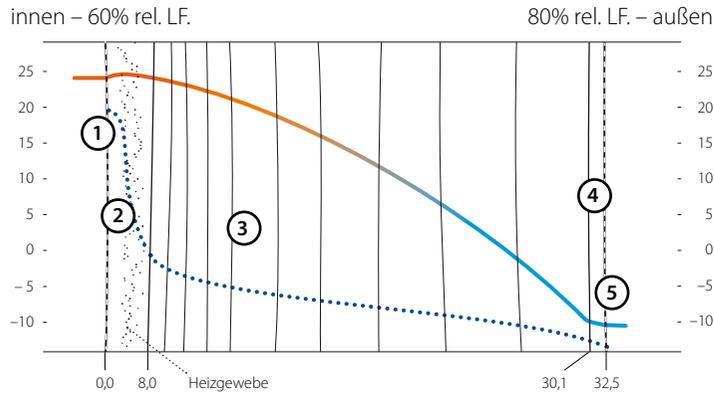
Ergebnis:

- Ein zu zweit bewohnbares Bio-Habitat samt erweiterter Funktionen ist **in 6 Jahren bezugsfertig**.
- Das Habitat verbraucht pro Person **nur 0,11 ha Boden dauerhaft**
- Alle Leistungen werden **vollständig biologisch generiert**.
- Es gibt **keinen Müll**.



- TM Gesamtpflanze
- TM Habitat
- - - TM Verbrauch Habitat
- TM Grünteil
- - - TM Verbrauch Grünteil
- TM Bewohner
- - - TM Verbrauch Bewohner

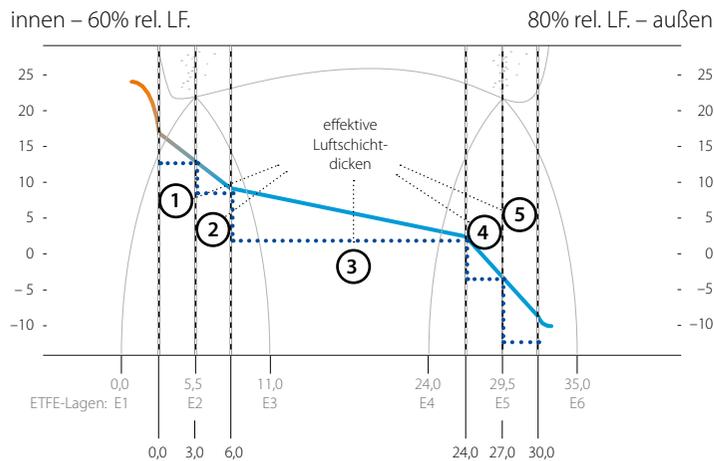
Wandaufbau Temperaturverlauf



Wandaufbau u-Wert

Material Rechenwerte	Material Habitat	Gewicht TM kg/m ³	Hab/Gew. FM kg/m ³	Dicke d cm	Wärmeleitfähigkeit λ W/mK	Wärmeüb.widerstand R m ² K/W	Wärmekapazität c J/kg,K
	Luft i					0,13	
1	Dampfbremse	260	600	0,1	0,22	0,00	1700
2	Vollholz	400	800	8,0	0,18	0,62	1600
3	Holzfaserverplatte	50	150	22,0	0,039	5,64	2100
4	Kork	160	250	2,4	0,05	0,48	1800
5	Dichtbahn	300	1000	0,1	0,2	0,00	1700
	Luft a					0,04	
		47 kg/m²	104 kg/m²	32,5 cm			
						6,91	
						0,15 u-Wert	

Fenster-Pneus Temperaturverlauf



Fenster-Pneus u-Wert

Rechenwerte	Anordnung	Wärmeleitfähigkeit λ W/mK	Wärmeüb.widerstand R m ² K/W
	Luft i		0,13
Luftschicht 1	E1 E2	3,0	0,18
Luftschicht 2	E2 E3	3,0	0,18
Luftschicht 3	E3 E4	18,0	0,18
Luftschicht 4	E4 E5	3,0	0,18
Luftschicht 5	E5 E6	3,0	0,18
	Luft a		0,04
		30,0 cm	1,07
			0,93 u-Wert

Die Pneus der Fenster haben aufgrund ihrer unterschiedlichen Größen und der konvexen Form unterschiedliche Dicken. Es wird für die 4 Pneu-Luftschichten ein effektiver Mittelwert von 3 cm Dicke angenommen. Dazwischen liegt ein effektiv 12 cm dicker Zwischenraum.

Bei tiefen Temperaturen wirkt das wärmeproduzierende Heizgewebe im Bereich der Randprofile Kondensatbildung entgegen.

Wandaufbau & Temperierung

Die Wand des Habitats besteht größtenteils aus schwammähnlichem Material (Habitat Körperstruktur, [Seite 132](#)), dessen Dichte nach außen hin abnimmt. Diese trockene Schicht hat, neben einer statisch unterstützenden, primär dämmende Funktion. An der Innenseite schließen eine im Mittel 8-m-dicke, dicht holzige, wärmespeichernde Schicht und eine dampfundurchlässige Hautschicht ab. Außen schließt eine atmungsaktive Hautschicht ab. Der Eingang, die „Schleuse“, ist ebenfalls dick gedämmt. Fenster bestehen aus zwei dreilagigen Pneus mit Randprofilen.

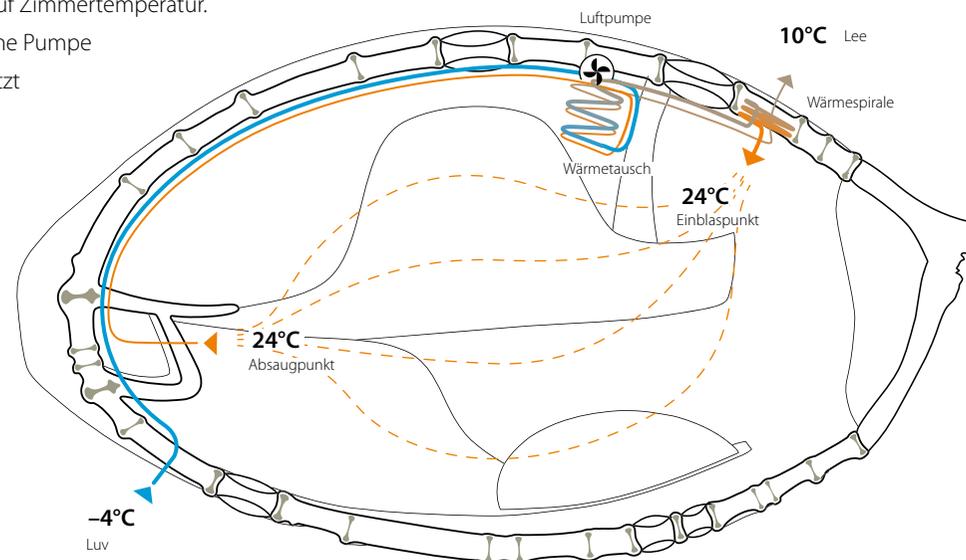
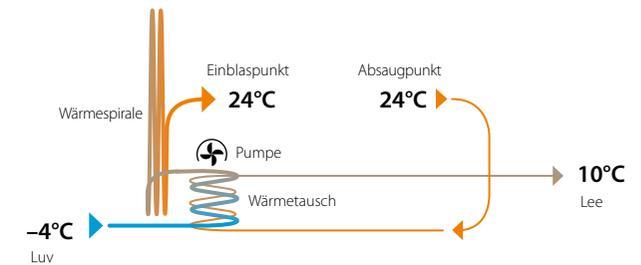
Dieser Aufbau ergibt unter Verwendung vergleichbarer Bauteile (Dampfbremse, Holz, Holzfaser, Kork, Außenbahn) in der Kalkulation der Online-Baudatenbank www.u-wert.net für die Wandflächen einen u-Wert von 0,15 und für die Pneus etwa 0,93. Die damit ebenfalls auf www.u-wert.net kalkulierten Jahresverbräuche pro m² liegen bei ganzjährig auf **24°C temperiertem Innenraum** in der Klimaregion Wien bei 17 kWh/m² bzw. 112 kWh/m². Unter Berücksichtigung von geschätzten Flächengrößen (Wandfläche 99 m², Fenster 8 m²) und 25% Aufschlag für diverse Verluste (Fensterrahmen, Schleuse, Luftwechsel) ergibt das einen jährlichen Energiebedarf von etwa 3.100 kWh, bzw. 11.200 MJ. Diese Energiemenge soll durch Stärke (Energiegehalt ca. 17,2 MJ/kg, abzügl. Umwandlungsverluste, ca. 15,3 MJ/kg) bevorratet werden (Ein Bio-Habitat in 6 Jahren, [Seite 142](#)).

Belüftung

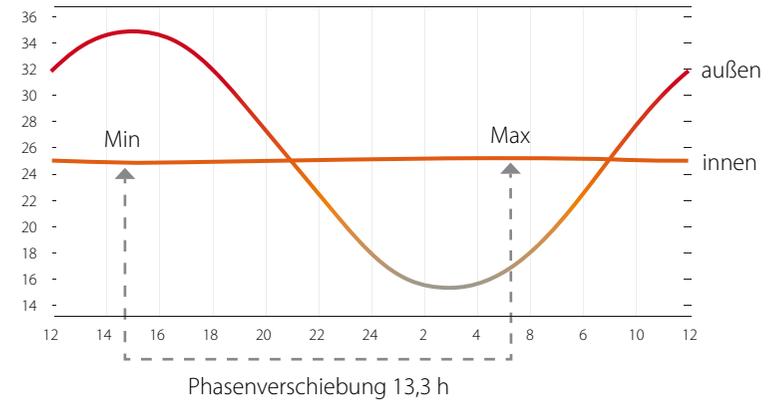
Das Heizkonzept geht von geringen Wärmeverlusten, also geringem winterlichen Lufttausch, aus. Rein technisch betrachtet ist die Lufterneuerung biologisch-chemisch (ohne Luftwechsel) oder anorganisch (regelmäßiger Luftwechsel) lösbar. Da ein winterliches Versagen extrem kritisch wäre, soll ein **schlankes anorganisches Belüftungssystem** seinen Dienst versehen können: Durch äußere Luftdruckunterschiede bewegt sich kalte Außenluft an warmer Innenluft im Wärmetauscher vorbei. Danach erwärmt sie sich in einer biologisch aufgewärmten Spirale auf Zimmertemperatur.

Eine kleine Pumpe unterstützt optional.

Schema



Oberflächentemperaturen Sommer, C°/h



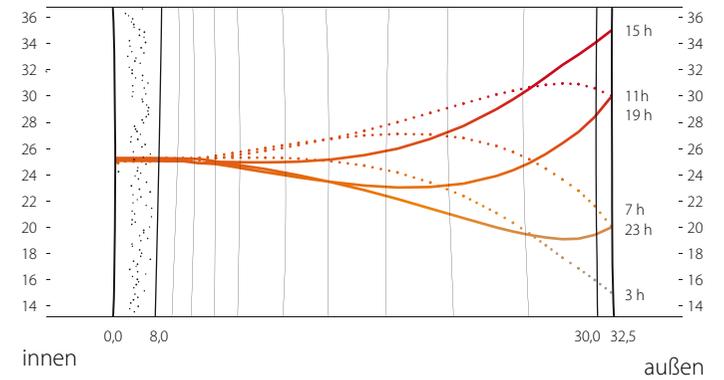
Temp 15, 11 und 7 Uhr



Temp 19, 23 und 3 Uhr



Oberflächentemperaturen Sommer, C°

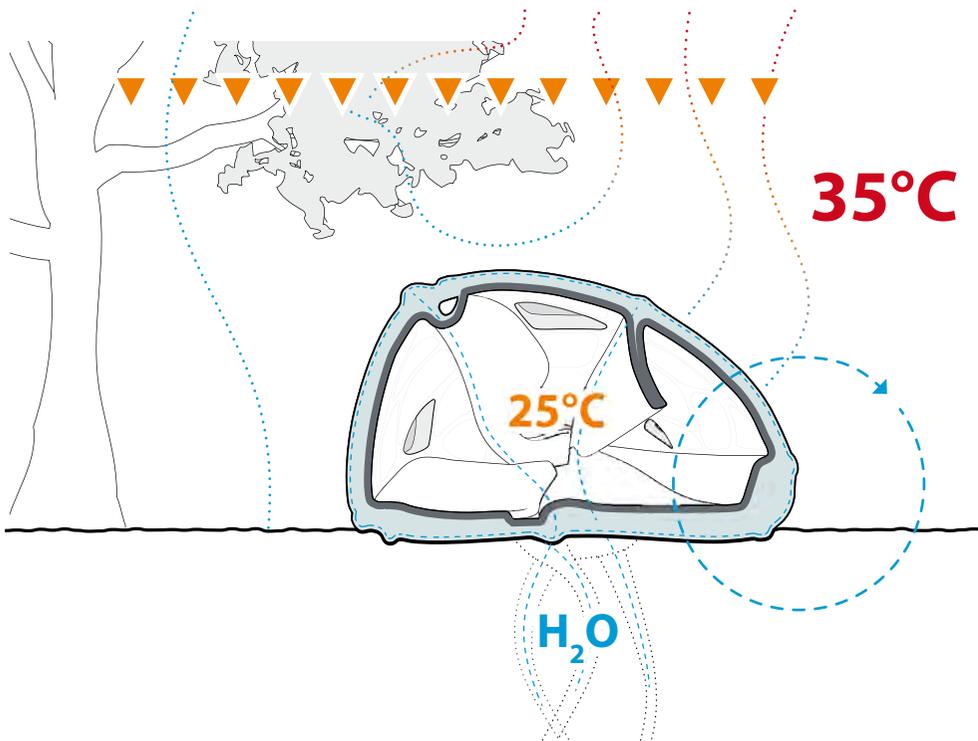


Quellen und Diagrammvorlagen:
[13.10.2015, www.u-wert.net/berechnung/u-wert-rechner]

Sommer

Umstehende **Bäumen oder Sprosse des Grünteils**, die über das Habitat gelegt werden, **beschatten** es im Sommer und schützen es vor Überhitzung. Reicht das nicht aus, wird das Habitat auch durch **Wasser- verdunstung** automatisch effektiv gekühlt.

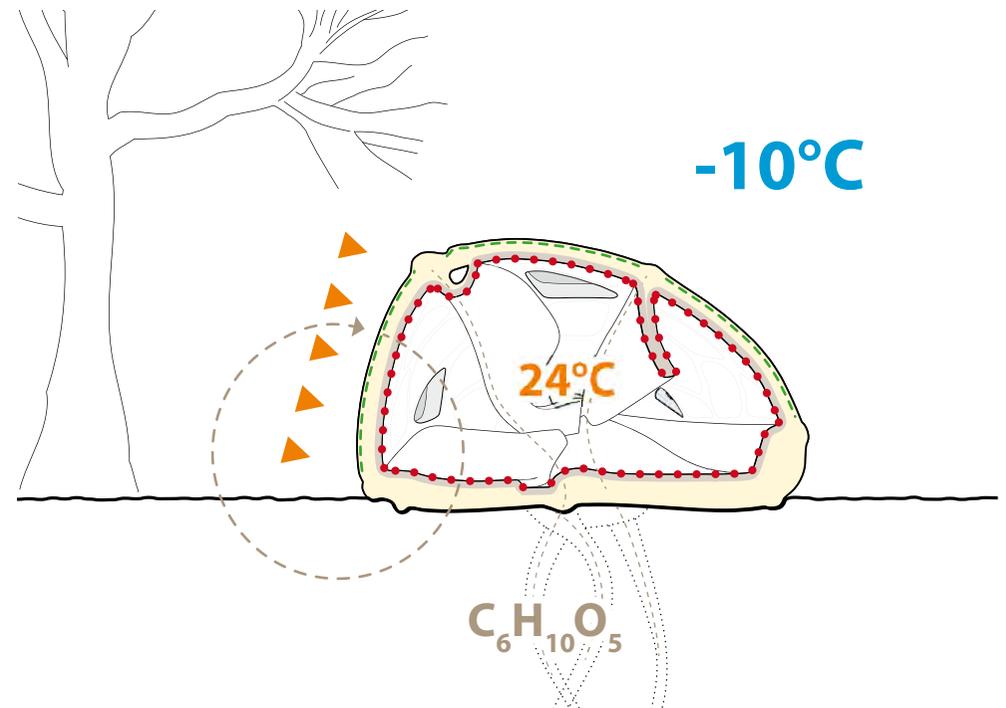
Der gut gedämmte Innenraum bleibt etwa 24,5° C kühl (s. Diagramme links).

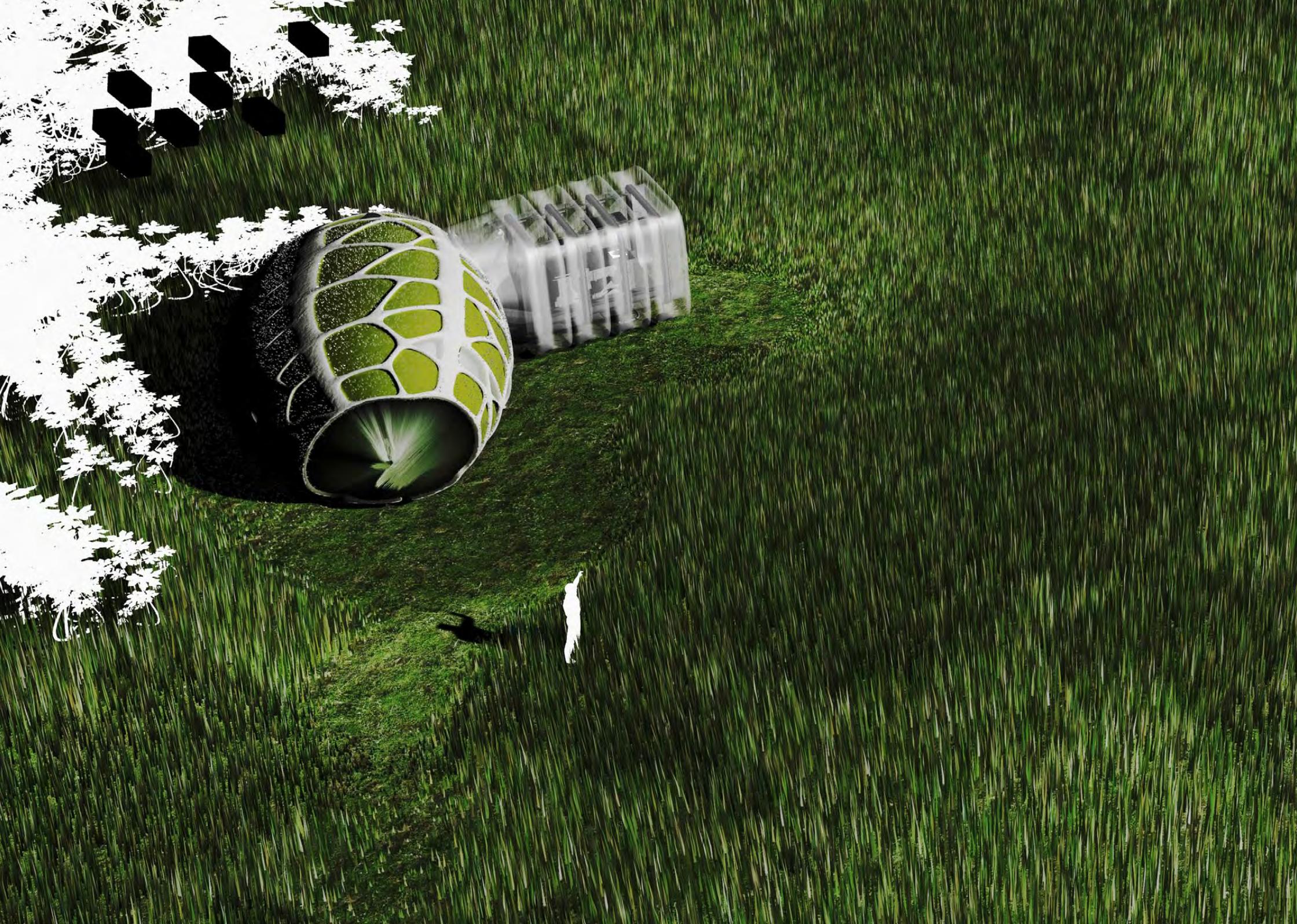


Winter

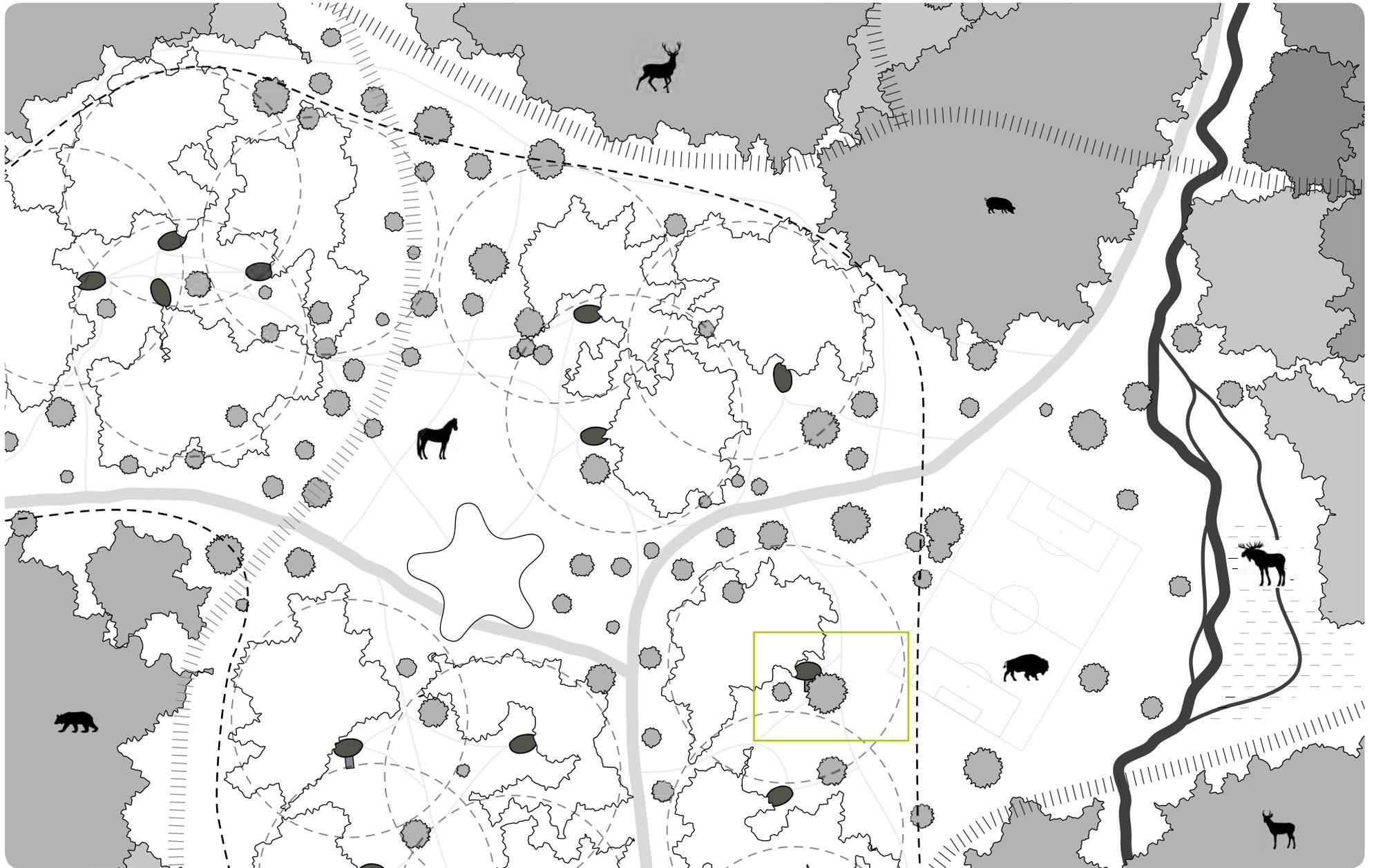
Winterliche Sonneneinstrahlung hält den Habitatstoffwechsel ausreichend in Schwung, um sich **aus den sommerlichen Energiereserven** zu versorgen und sich damit **aufzuheizen**. So werden auch außenliegende Versorgungsgefäße vor härtestem Frost geschützt.

Der gut gedämmte Innenraum wird konstant auf warmen 24°C gehalten (Wandaufbau & Temperierung, Seite 147).

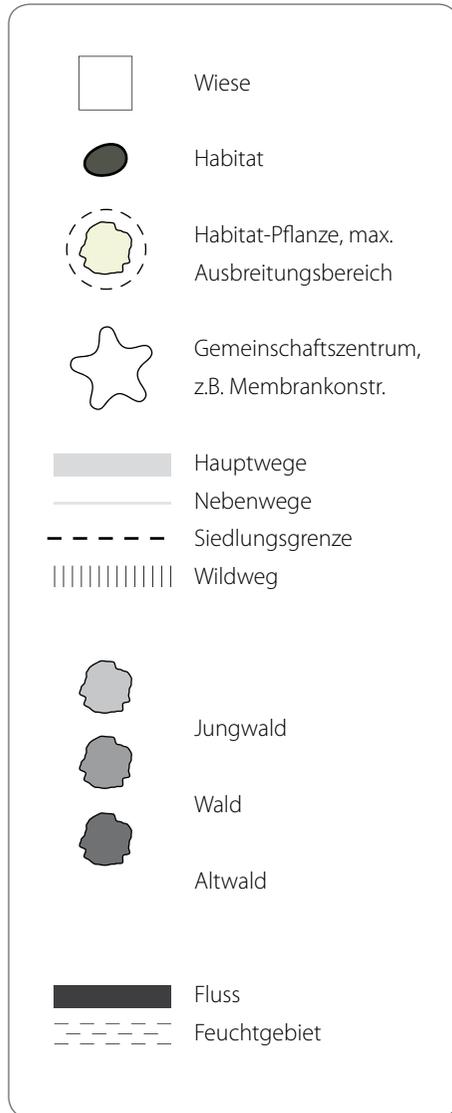




8. LEBEN IM BIO-HABITAT



Legende

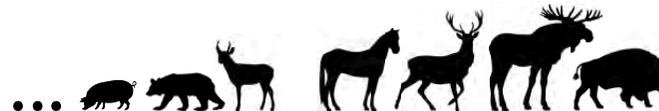
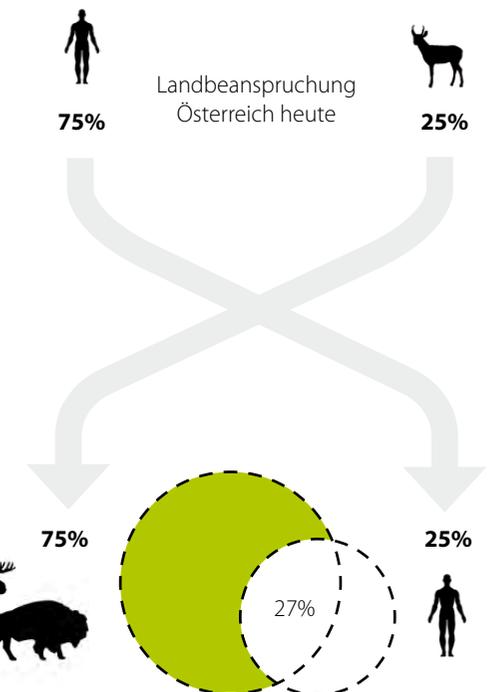


Der Lageplan zeigt einen nicht näher definierten Ort im südlichen Wiener Becken, der stellvertretend für passendes Klima und flache Landschaft ist. An diese Verhältnisse ist die entwickelte Habitatpflanze ideal angepasst. Die damit möglichen Siedlungsstrukturen sind an die Wachstumsbedingungen der habitatbildenden Pflanze gebunden, die für Wachstum, Erhalt und dem Nutzer zu erbringende Leistungen, eine geschätzte Fläche (Ein Bio-Habitat in 6 Jahren, Seite 142) von 0,22 ha benötigt. Das sind 0,11 ha pro Person im Mittel. Die angrenzenden Siedlungsnebenflächen erhöhen diesen Wert auf 0,19 ha/p, was mit 526 Einwohnern/km² einer dörflichen Siedlungsdichte entspricht. **0,19 ha sind zugleich der neue erreichbare ökologische Fußabdruck** – das Globalziel liegt heute bei 1,4 ha (Ökologischer Fußabdruck

(Seite 24). In Europa liegen wir abzüglich aller unternommenen Anstrengungen sogar über 4 ha/Person. Österreichs Einwohnerdichte liegt bei rund 102 Einwohnern/km². Bringt man wenig bis unfruchtbares Gelände in Abzug, sind es 131 E/km² oder 0,78 ha pro Person. Ein Flächenverbrauch von nur mehr 0,19 ha pro Person würde demnach erlauben, bis zu drei Viertel biologisch wertvoller Flächen wieder an die wilde Natur zurückzugeben. Bei entsprechender Anordnung der Vegetation können Menschen nun nicht nur effizient produzieren. Sie können mit großen Pflanzenfressern und andere Arten in direkter Nachbarschaft Flächen gemeinsam nutzen und eine **verschränkte Gesellschaft bilden** (Verschränkte Produktivsysteme, Seite 29). Die hier angenommene höchstmögliche Siedlungsdichte entspricht dem heutigen Dorf

oder der Großgartensiedlung, mit 45 m im Mittel voneinander entfernten Wohneinheiten. Der **individuelle Rück- bzw. Beschritt** der über 2 Meter hohen Habitat-Grünteile erlaubt die **Bildung introvertierter oder extrovertierter Zonen** rund um das Habitat. Dazwischen gibt es ein „lebendiges“ Wegenetz für leichten Verkehr. Eine zentrale Einrichtung übernimmt gesellschaftliche Aufgaben. Strom-, Wasser-, Kanal-, Liefer-, Müll-entsorgungs- und andere Netze sind durch neue dezentrale biotechnologische Lösungen ersetzt.

neue Flächenverhältnisse	ha	
fruchtbares Land/Pers.	0,78	
Mensch Siedlungsfl./Pers.	0,19	25%
Wildfläche/Pers.	0,57	75%
überlappender Bereich	0,16	27%



Quellen Flächenangaben:
 [12.9.2015, statistik austria, agrarstrukturerhebung 2010]
 [12.9.2015, statcube.at/superwebguest/login.do?guest&db=deas1001]

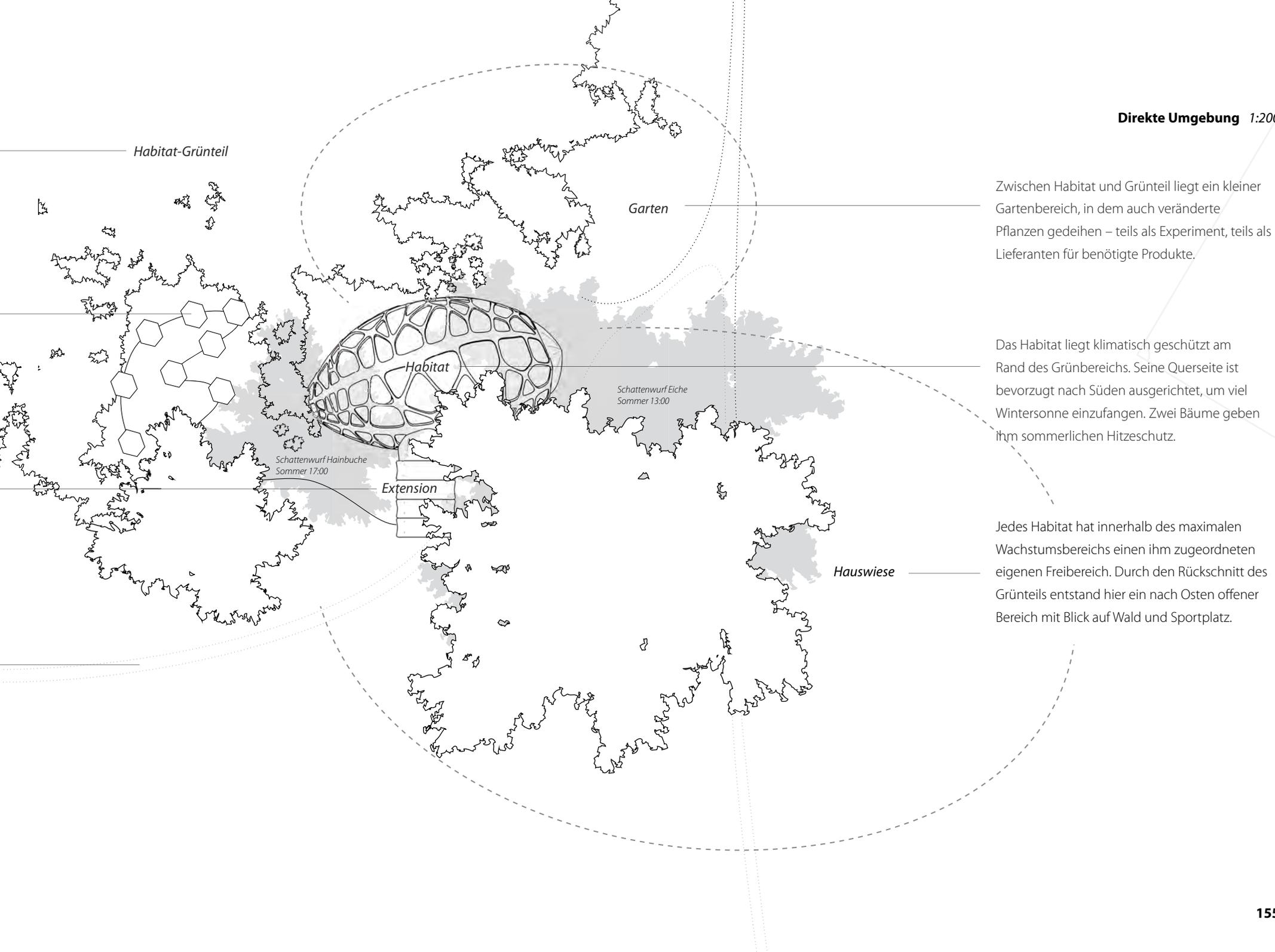
Der dem Habitat anschließende Grünteil
versorgt es mit ausreichend Nahrung

Eine kleine flexible Photovoltaikanlage versorgt
Habitat und Extension mit Zusatzenergie.

Die optionale Raumextension, hier eine Küche, ist
vor allem in Winter ein gern besuchter Ort.
Ihre pneumatischen Wände sind kom-
plett transparent ausgeführt.

Fußwege

Direkte Umgebung 1:200

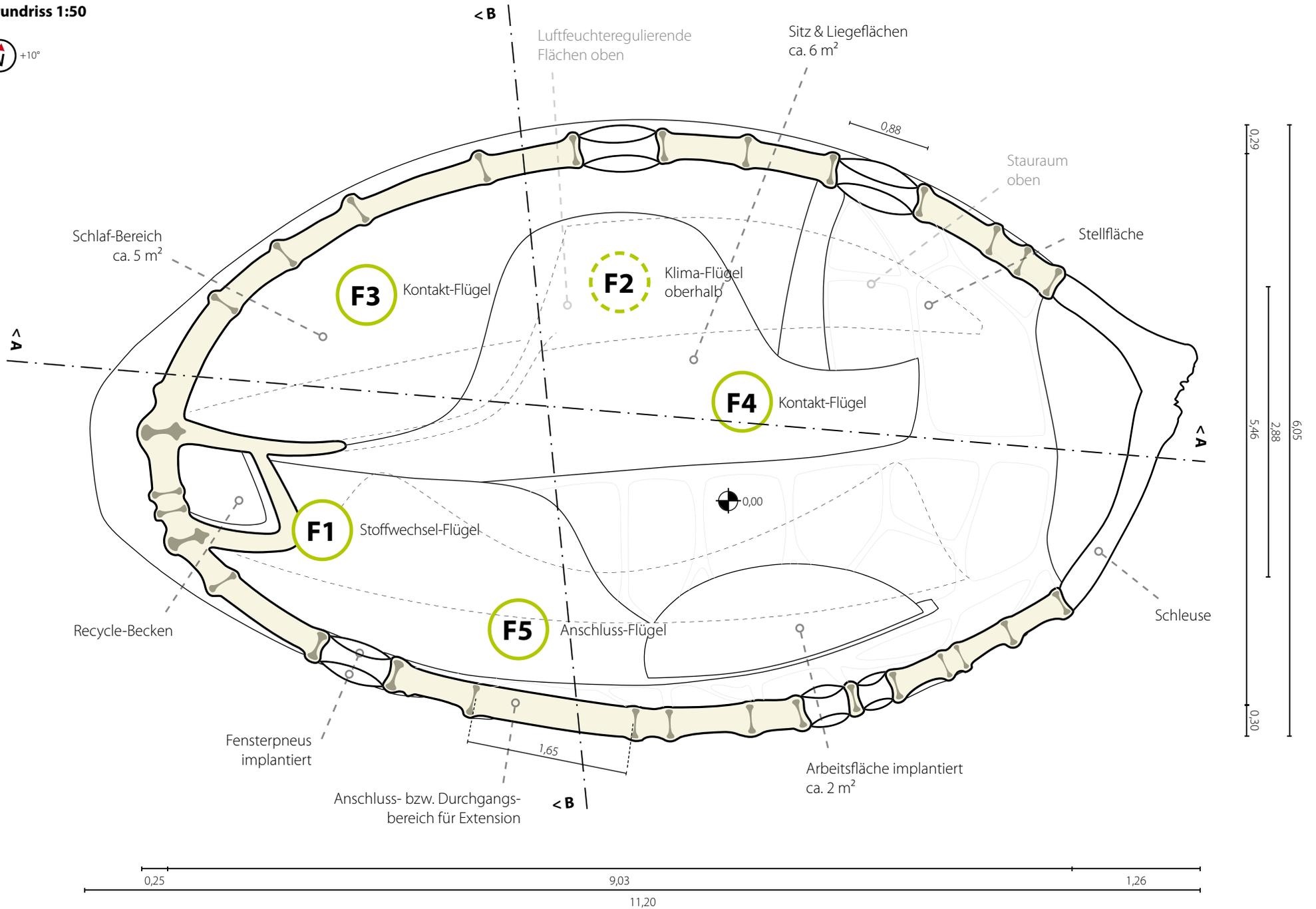


Zwischen Habitat und Grünteil liegt ein kleiner Gartenbereich, in dem auch veränderte Pflanzen gedeihen – teils als Experiment, teils als Lieferanten für benötigte Produkte.

Das Habitat liegt klimatisch geschützt am Rand des Grünbereichs. Seine Querseite ist bevorzugt nach Süden ausgerichtet, um viel Wintersonne einzufangen. Zwei Bäume geben ihm sommerlichen Hitzeschutz.

Jedes Habitat hat innerhalb des maximalen Wachstumsbereichs einen ihm zugeordneten eigenen Freibereich. Durch den Rückschnitt des Grünteils entstand hier ein nach Osten offener Bereich mit Blick auf Wald und Sportplatz.

Grundriss 1:50



Oberflächen

Eine weiche wollige Oberfläche überzieht Sitz- und Liegeflächen und sorgt für das heimelige Wohngefühl nach ausgedehnten Außenaufhalten. Ihre Haptik entspricht weitgehend der eines langhaarigen Teppichs oder eines Fells. Das Material entspricht weitgehend Baumwolle. Mikroorganismen sorgen für permanente Reinigung und erzeugen einen angenehmen, leicht frischen Geruch. Die haarigen Sitz- und Liegeflächen gehören mit zu den Heizflächen.

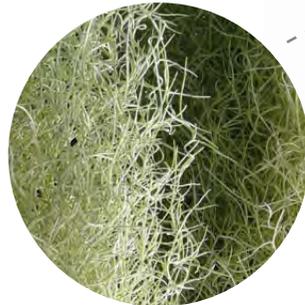
Die pflanzlichen Oberflächenstrukturen des Klimaflügels ähneln dem Geflecht von Tillandsien, den bekannten Zimmerpflanzen. Sie reguliert die Luftfeuchtigkeit auf permanente, angenehme und gesunde 60%.

Alle weiteren Flügel- und Außenwandoberflächen sind samtig glatt.

Gut platzierte Kunststoffpneus streuen das Licht im Wohnraum und sorgen für eine gute Tagesbeleuchtung. Lichtöffnungen im Bereich der Arbeitsflächen sorgen da für ausreichend Helligkeit. Die rundum platzierten Fenster erlauben die Beobachtung der Umgebung. Hoher Luftdruck macht die Oberfläche hart. Sie sind schmutzabweisend.



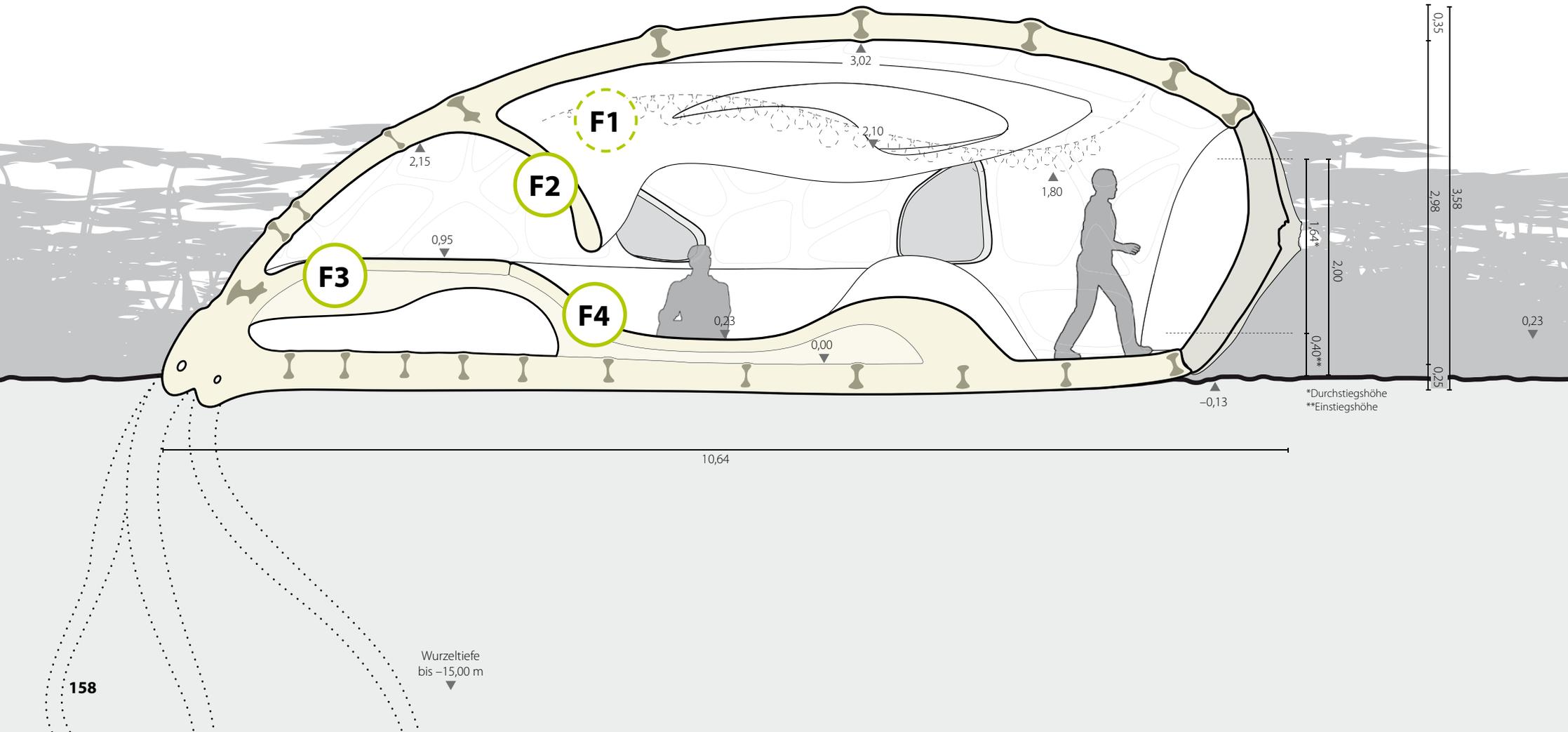
Anstelle einer Tür schließt eine große borstenartige Struktur den Innenraum nach außen ab. Diese Schleuse komfortabel zu passieren, ist zu Beginn Übungssache, denn beim Durchschreiten streifen unzählige Borsten gleichzeitig über den Körper. So ist der Innenraum jederzeit winddicht geschlossen. Hygiene wird unterstützt, indem Personen bei jedem Eintritt Fremdkörper abgestreift und beim Austritt schützende Stoffe auftragen werden. Die sich laufend erneuernden Borsten verändern Dichte und Dicke der Jahreszeit angepasst.

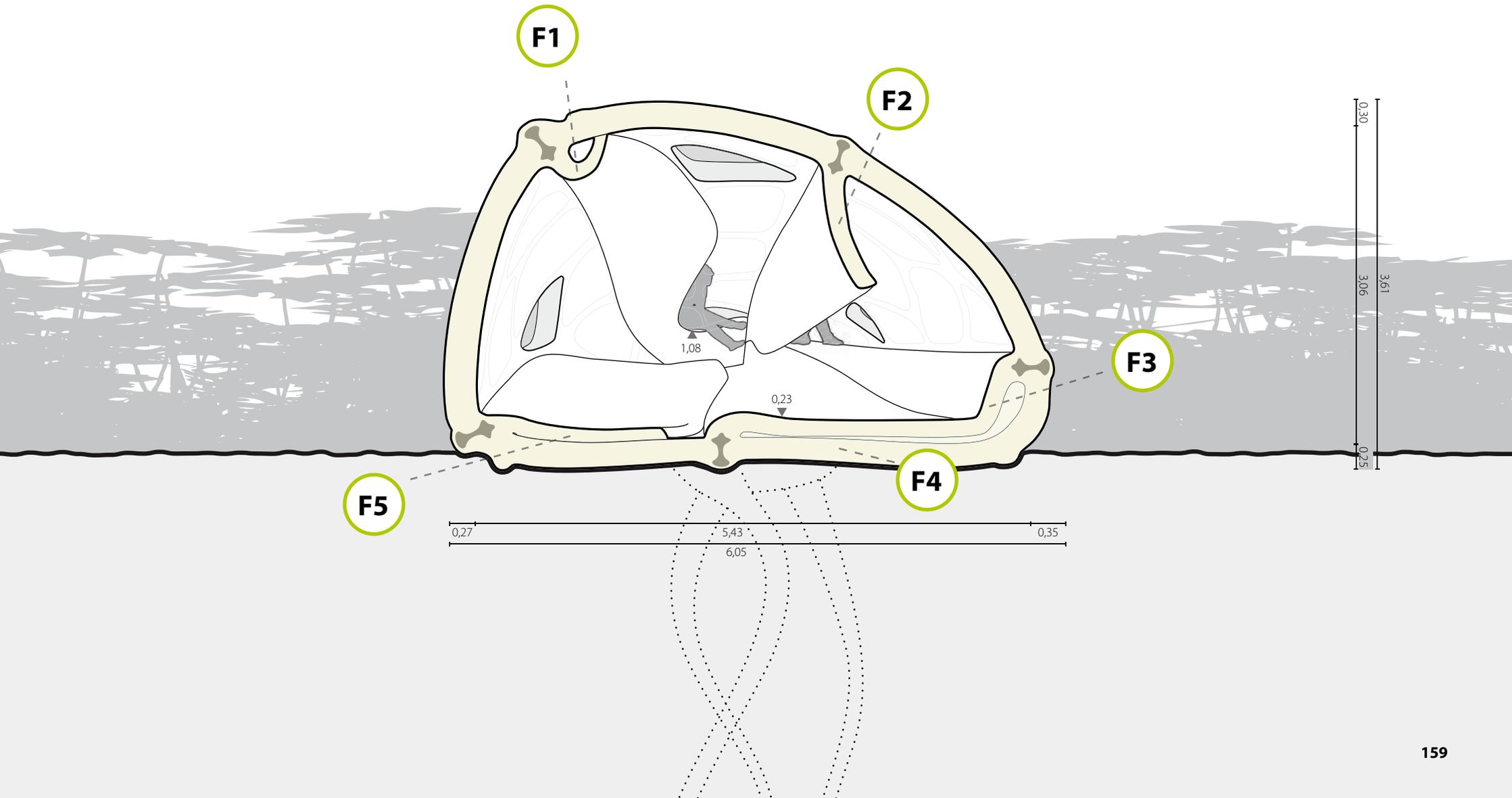


Vielbegangene Oberflächen verhärten und fühlen sich dann holzähnlich an. Die Materialoberfläche ist etwas uneben und leicht porös. Die gegenüber Holz etwas geringere Dichte sorgt für ausreichend Dämmung zum Erdreich hin. Im Winter fühlt sie sich fast warm an, vergleichbar einer trittfesten XPS-Platte.

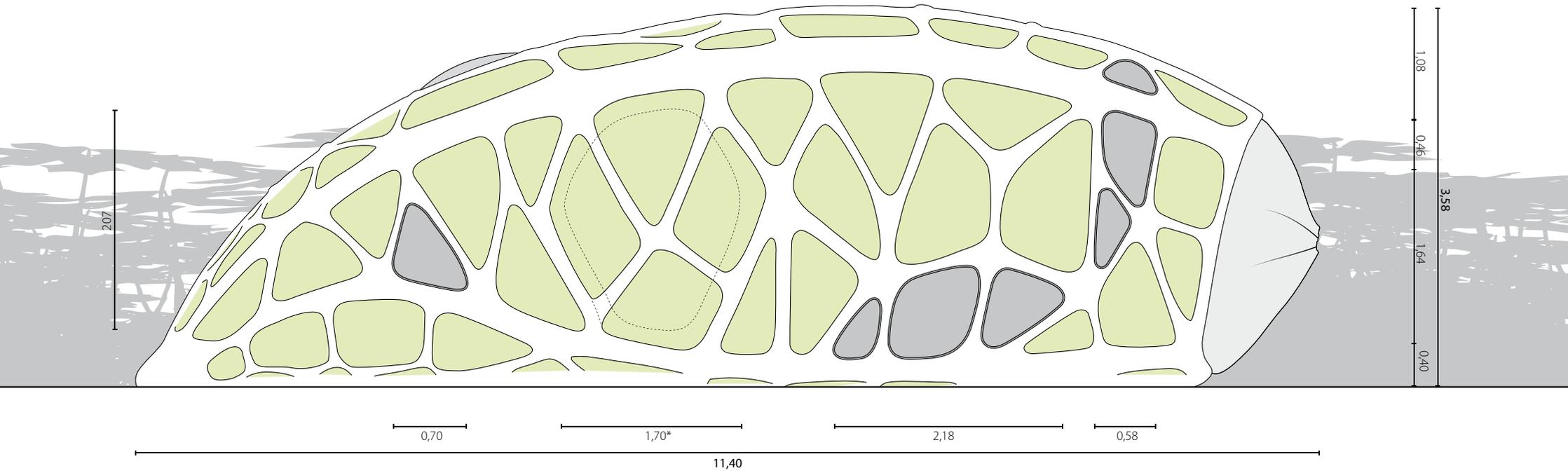


Schnitt A 1:50

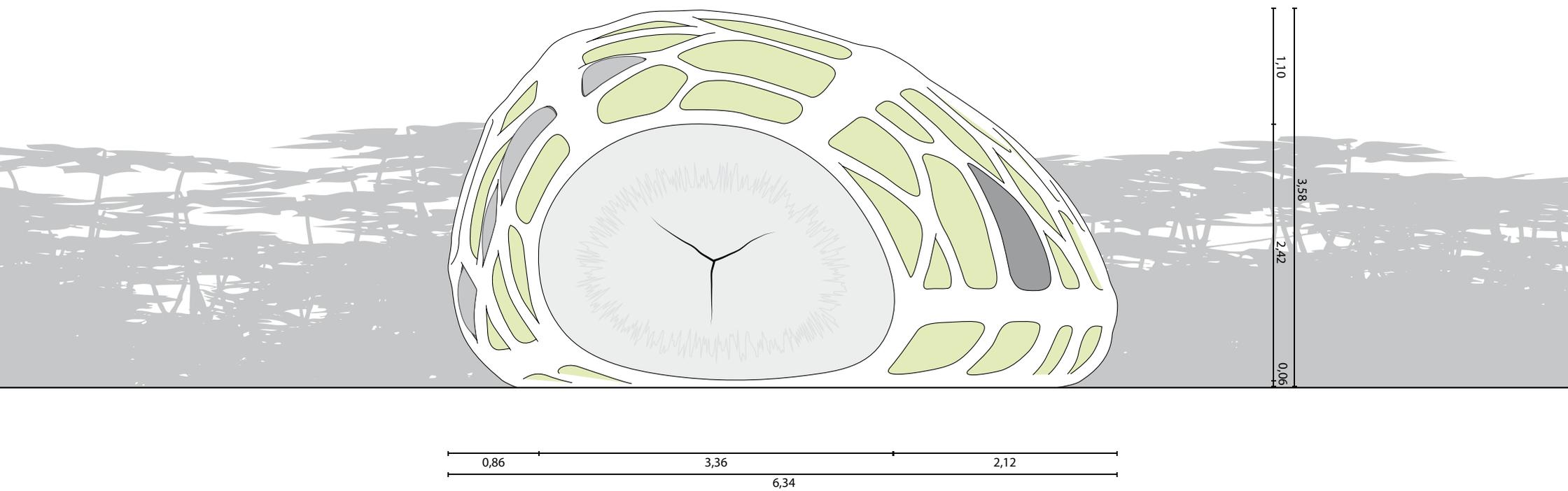




Ansicht Seite 1:50



* Bereich für einen möglichen Durchbruch,
Extension Küchen-Modul (👉 Seite 169)



Detailschnitte 1:10

Aus passenden „biologischen Bausteinen“ (Kapitel 4, 📖 Seite 53) lässt sich ein hypothetischer Wandaufbau erstellen, in dem diese eingezeichnet sind.

Thermoregulierendes Gewebe

Die mittleren Schichten der Raumflügel und die Innenwandbereiche sind von thermoaktivem (Thermoregulierung & Frostschutz, 📖 Seite 79) Gewebe durchzogen, das auf 60 kg Gewebe verteilt eine Wärmeleistung von rund 10 kW bringt. Es hält den Innenraum während kalter Monate konstant auf 24°C.

Luftfeuchtigkeit

Saugschuppen (Trichome, 📖 Seite 75) entziehen der Luft überschüssiges Wasser und begrenzen die innere Luftfeuchtigkeit auf 60%.

Licht

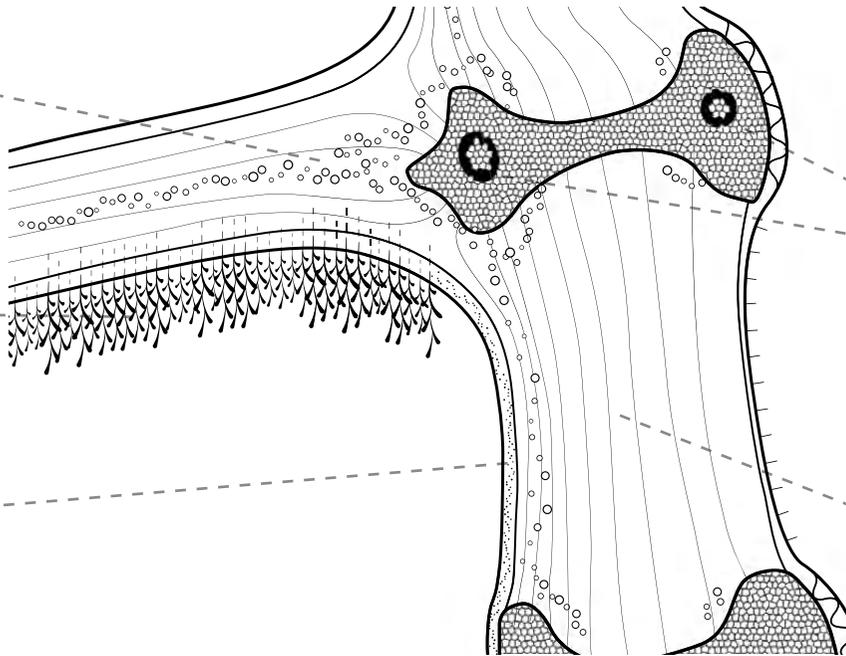
In freien Wandflächen bilden sich Luciferine (Lichterzeugung, 📖 Seite 77), die bei abnehmendem Außenlicht, je nach Innenraumaktivität, Licht verschiedener Frequenzen abgeben.

Sitz- & Liegeflächen

Baumwollfaserartiger Bewuchs (Trichome, 📖 Seite 75) bedeckt Sitz- und Liegeflächen. Viele hier angesiedelte Sensoren (📖 Seite 71) erkennen, wie diese Flächen am häufigsten genutzt werden und passen das Faserwachstum daran.

Reinigung

Dieser Fasern sind der Lebensraum für befreundete Bakterien und andere Kleinstlebewesen. Sie verstoffwechseln Staub, Schuppen und anderes organisches Material und führen es damit der darunterliegenden Oberfläche zur Absorption zu. (Verdauung, 📖 Seite 85)

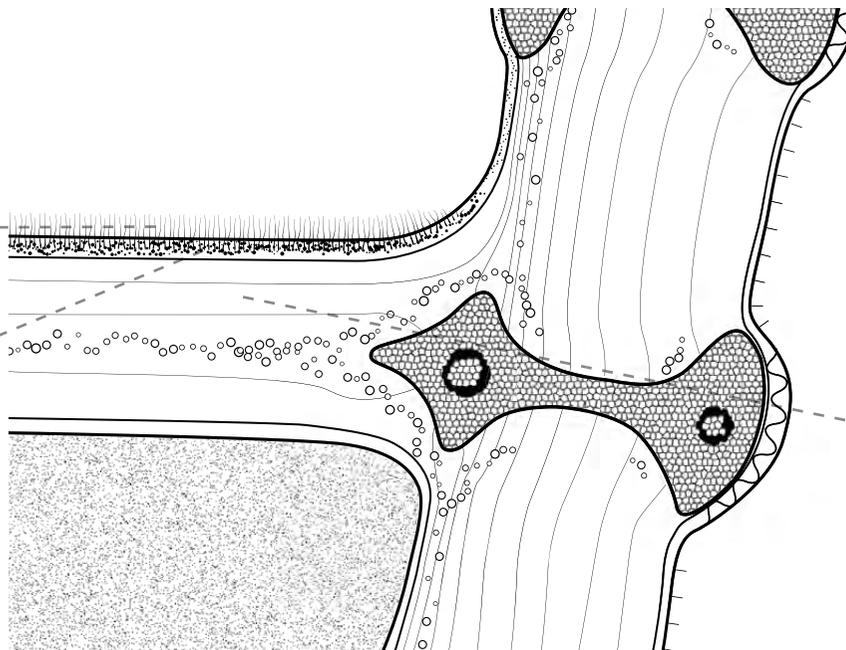


Skelett, Leitbündel

Um die primären inneren und äußeren Leitbündel herum (sie sorgen für ausreichenden Stoffwechsel) verholzt das Gewebe (Verholzung, [Seite 87](#)). Es bilden sich I-Träger-ähnliche Querschnitte.

Schale, Dämmhülle

Die innenliegende stark verholzte Zone bildet eine festigkeitsunterstützende Schale. Daran schließt ein nach außen in der Dichte abnehmendes, stark verästeltes Gewebe an, das für ausreichend Wärmedämmung sorgt.



Innenraumflügel

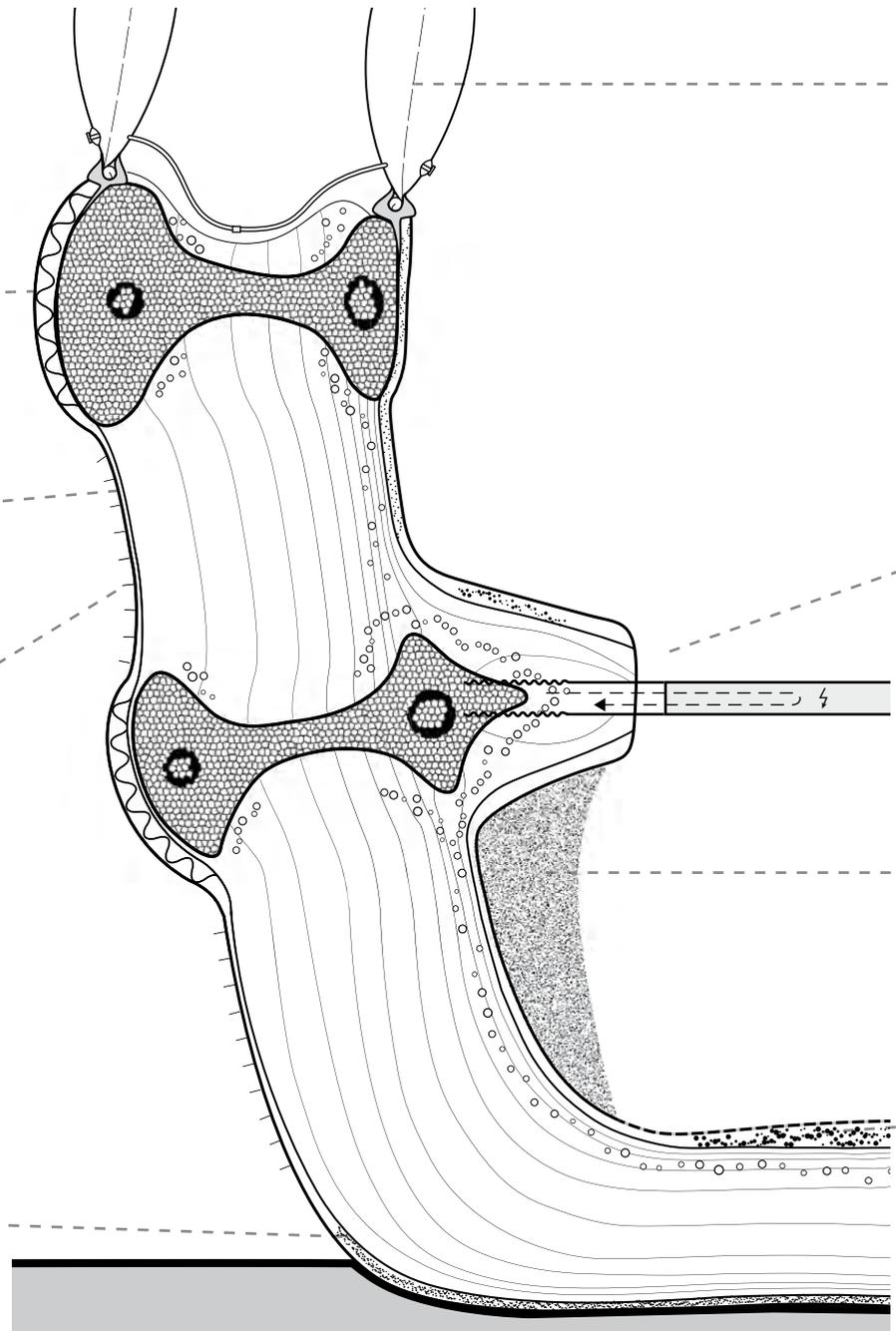
Das Material der Innenraumflügel entspricht weitgehend dem der Hülle. Seine Dichte ist jedoch vor allem an der Außenseite wesentlich geringer, weshalb es weicher und flexibel ist.

Borke
Eine dicke Borke schützt die Skeletträger
physisch und thermisch

Epidermis
Die photosyntheseaktive Außenhaut schützt im Sommer vor
Überhitzung durch ausreichend Transpiration (Guttation).
Dank hoher Frostbeständigkeit erfolgt auch im Winter ein wenig
Photosynthese. Genug um den Habitat-Stoffwechsel am Laufen zu halten.
Wundwachstum sorgt für die Heilung von Verletzungen.

Fraßschutz
Dornen, Nesseln und chemische Abwehrstoffe
bilden einen wirksamen Schutz.

Bodenzone außen
Bodennahe Oberflächen bilden eine
Wurzelstockepidermis aus.



Fensterimplantate

An ausgewählten Stellen wird die Hülle bis nahe zum Holzskelettrand entfernt und es werden zwei transparente Pneus eingesetzt. Diese bestehen aus dreilagiger ETFE-Folie, einem rundum laufenden Randprofil und Halterungsprofilen, die zwischen Epidermis und Holzskelett stecken. Wundschluss (Verholzung,  Seite 87) dichtet die Stelle ab. Kondensat zwischen den Pneus wird vom Zwischengewebe absorbiert. Alle Luftschichten sind über einen dünnen Schlauch miteinander verbunden.

Tischflächen-Implantat

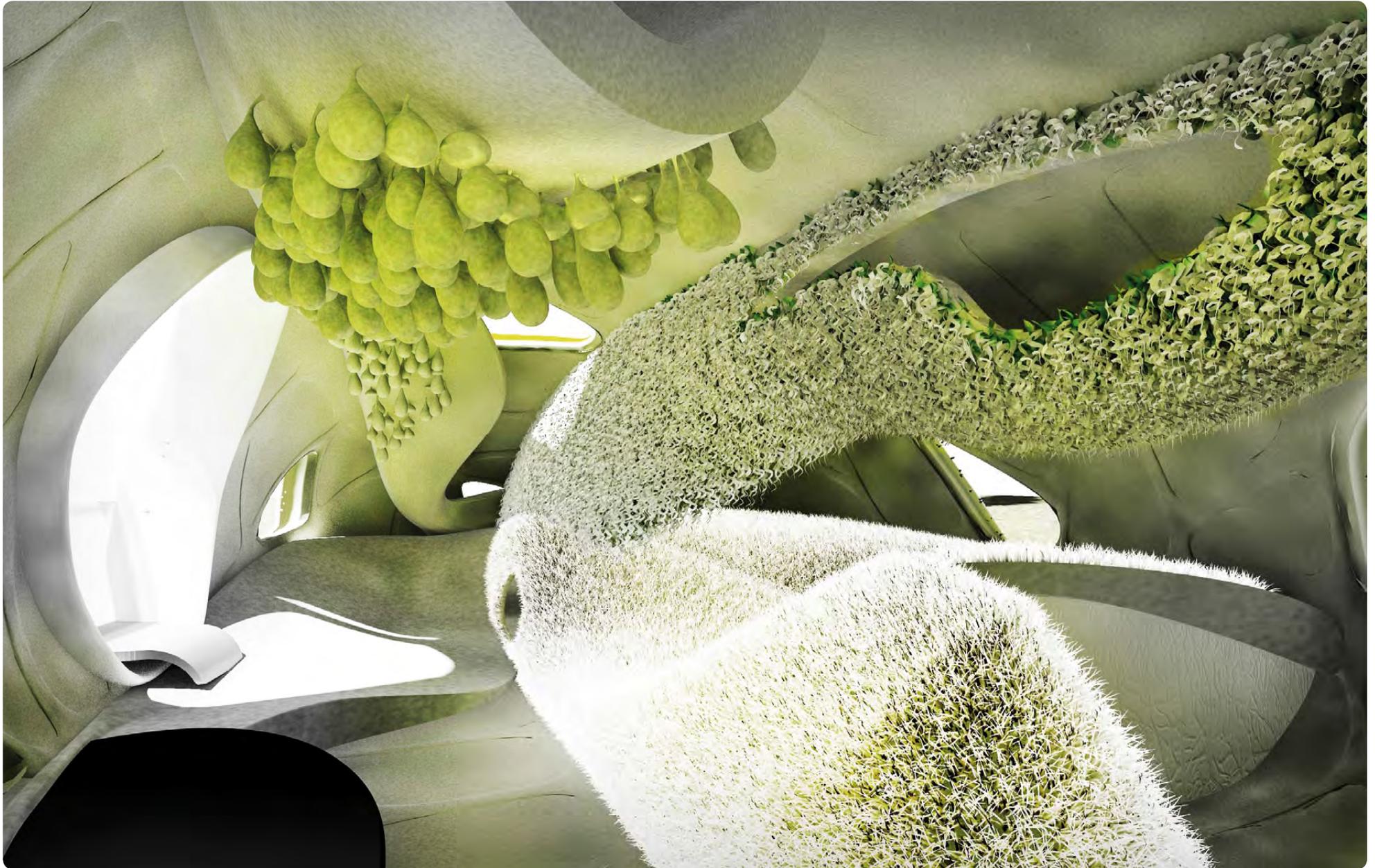
Innenraumflügelteile werden mit Modellierungs-Techniken ( Seite 138) stellenweise transplantiert oder amputiert. Ergänzende Möbelemente, wie z.B. eine Tischplatte, wird im Holzteil verankert und verwächst mit ihm. Strom-Kohlenhydrat-Wandler können Strom mit schwacher Leistung bereitstellen (Energiespeicher & Wandler,  Seite 81).

Stützgewebe

Verbliebenes Stützgewebe zur Festigung der Hüllenform oder Möbelementen.

Bodenzone innen

Unter häufiger Druckbelastung bildet die Innenoberfläche eine holzig poröse Schicht aus. Durch die Poren kann mit bakterieller Unterstützung organisches Material aufgenommen (Verdauung,  Seite 85) und die Fläche rein gehalten werden.





Das Habitat ist mit seinen 40 Quadratmetern für ein bis zwei Bewohner nun nicht besonders groß, aber sein kugeliger Wohnraum wirkt dennoch geräumig. Von der Sitzfläche aus hat man zudem einen guten Rundumblick nach draußen.

„Die meiste Zeit des Sommers verbringen wir draußen bei unseren Pflanzen und verbessern ihre Leistung. Im Winter sind wir aber oft herinnen und die meiste Zeit davon auf der großen gemütlichen Sitzfläche. Auf ihr kann man sich entspannen, miteinander plaudern und spielen, herumturnen oder einfach essen. Ist der Essflügel einmal ziemlich abgeräumt – und das Habitat weiß genau, wieviel Essen gut für jeden ist (möglicherweise erkennt es das durch das, was in der Reduktion (WC landet) – wird geklettert. Das ist echt anstrengend, macht aber auch Spaß, denn die obersten Stücke



sind die besten. Es macht ebenso Spaß, sich an die sonnenbeschienene Arbeitsfläche zu setzen und ins Internet einzusteigen. Zum einen, um zu sehen, was in der Welt und der weiteren Nachbarschaft vor sich geht. Zum anderen, um Projekte gemeinsam mit anderen, wie zum Beispiel einen effektiveren Photosynthese-Komplex, zu entwickeln. Damit ließe sich die Leistung unseres Habitats um mindestens 20% steigern. Vielleicht wäre damit sogar ein Zweit-Hab möglich. Unsere neue Extension ist zwar nicht schlecht, aber ich mag zu viel totes Material in meiner Nähe eigentlich nicht. Besser wäre auch

endlich ein biologische Lösung für das Transparenz- und das Lufterneuerungsproblem. Denn Fortschritt muss sein. Wenn ich damit nicht weiterkomme, schaue ich gerne aus dem Fenster und sehe wie Hirsche, Pferde und Wisente über das Fußballfeld ziehen. Da war ohnehin wieder einmal ein „Rasur“ fällig. Seit der Grünkörper das Fraßschutz-Upgrade bekommen hat, lassen die Tiere den endlich gänzlich in Ruhe. Futter gibt es ja jetzt genug. Ich kann mir nicht vorstellen, wo die vor 80 Jahren gelebt haben.“



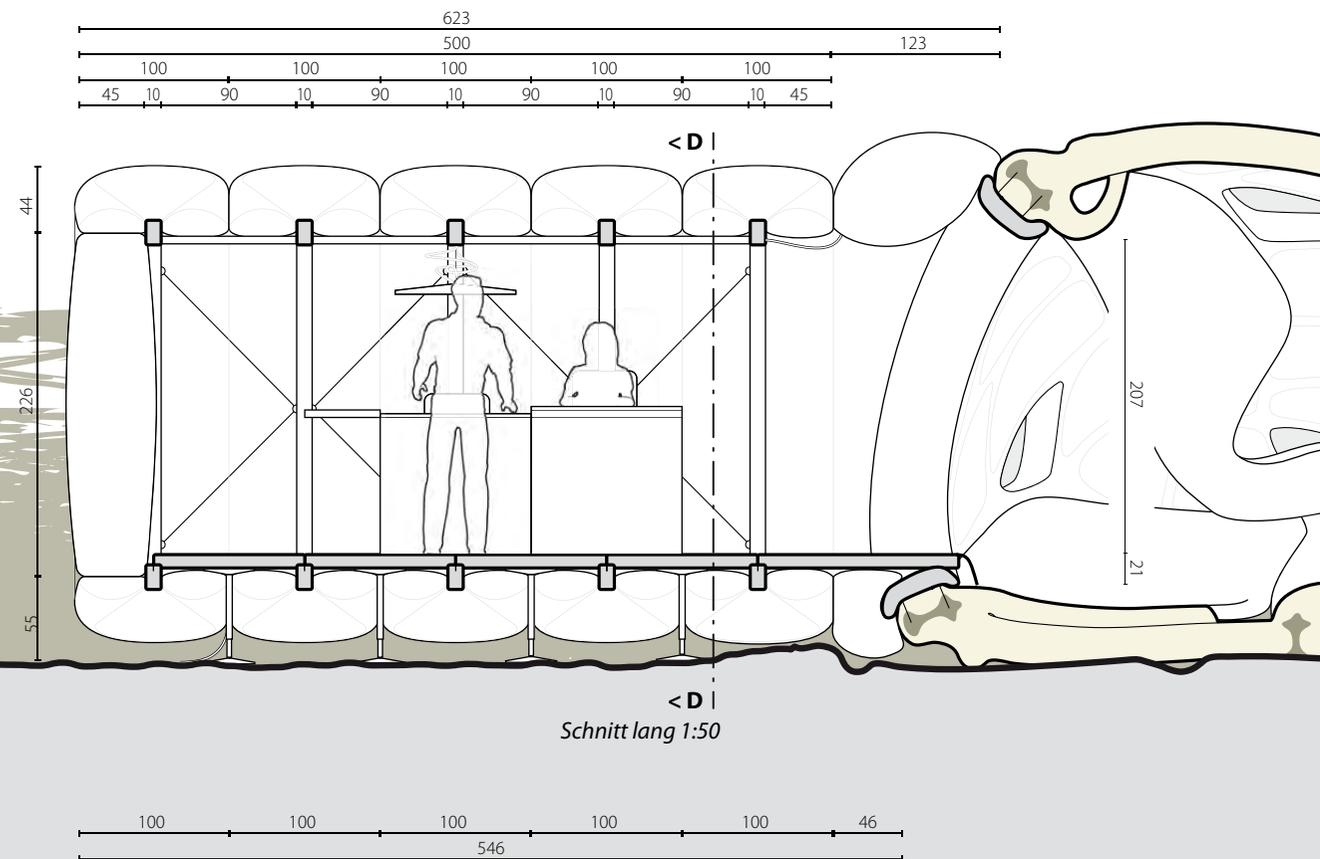
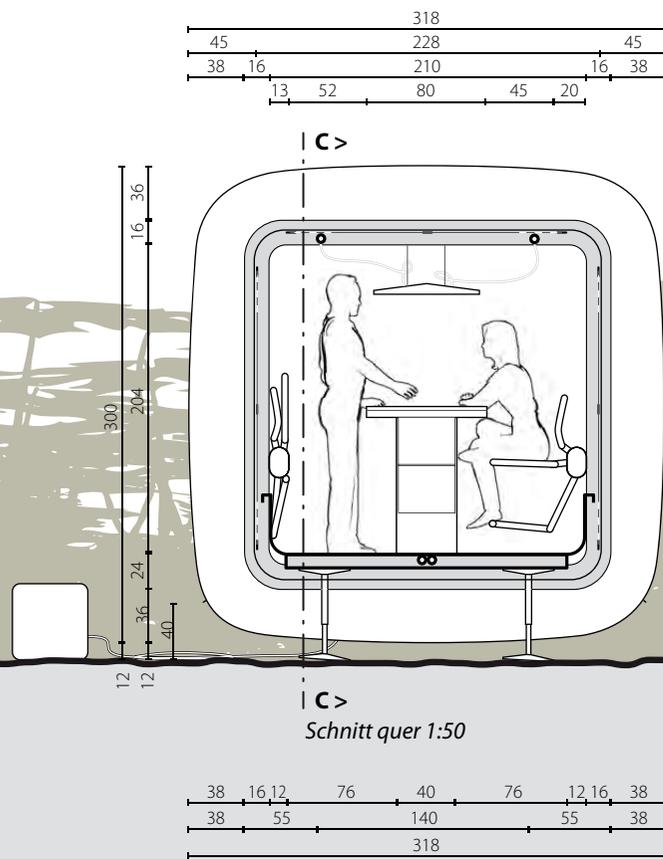
Extension Küchen-Modul

Das gewachsene Habitat erfüllt viele Anforderungen seiner Bewohner. Es mag immer weitere Anforderungen geben, die nicht gut biologisch zu lösen sind. Eine davon ist vielleicht die kulturell besonders stark verankerte Küche, die oft auch gemeinsamer Aufenthaltsraum ist.

Die dargestellte Ausführung könnte als Leichtbaukonstruktion mit Kohlefaserrahmen, ETFE-Pneus, Klappsitzen und einem kleinen Küchenblock gelöst werden. Die wärmedämmenden Luftkissen könnten im Sommer dank des Mehrkammeraufbaus zusammengefaltet werden und den Raum zeitweise vollständig offen halten.

Im Winter könnte hier heißer Tee bei einer „Sonnenlichtdusche“ eingenommen werden. Der sparsame Wasser- und Biomassestoffwechsel könnte über Anschlüsse an das Reduktionsorgan und versorgende Leitgefäße gelöst werden. Kochplatte und Miniherd fungieren zeitweise als Öfen.

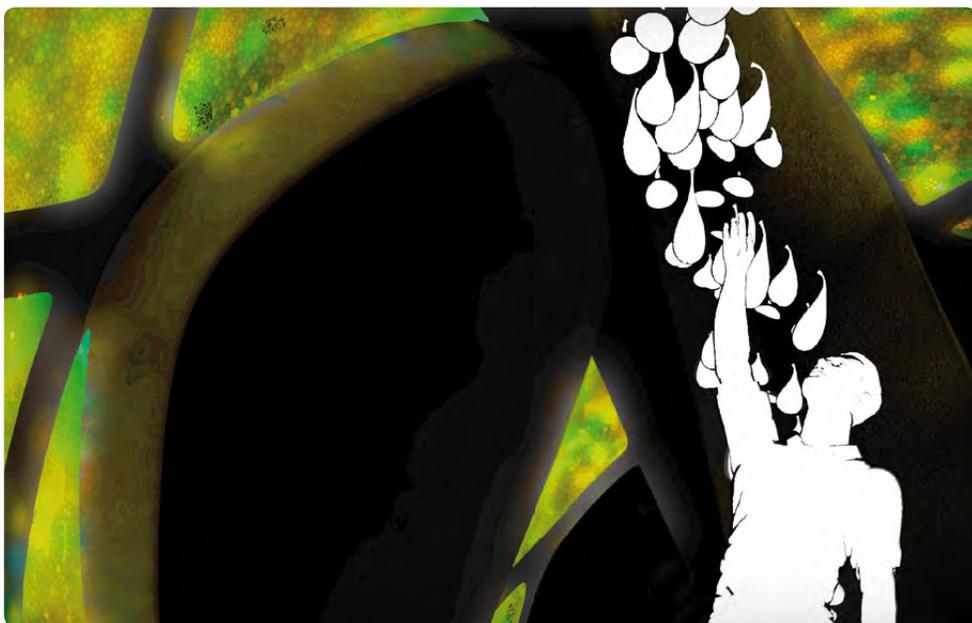
Ein kleines externes Gerät versorgt die PneuS über die Rahmen mit Luftdruck. Der Strom kommt von einer kleinen Solaranlage.





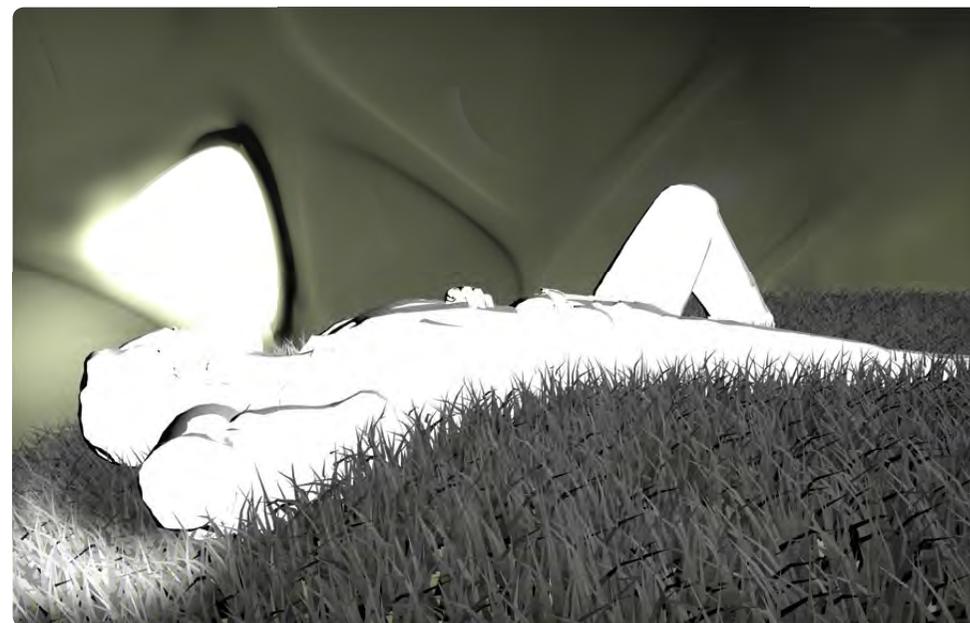


In artenreicher Natur mit großen Biomasseumsätzen entwickeln sich die biologischen Habitate bestens. Es bilden sich mehrheitlich lockere Siedlungen, deren Bewohner viel Zeit mit der Pflege ihrer Pflanzen und der weiteren Umgebung verbringen.



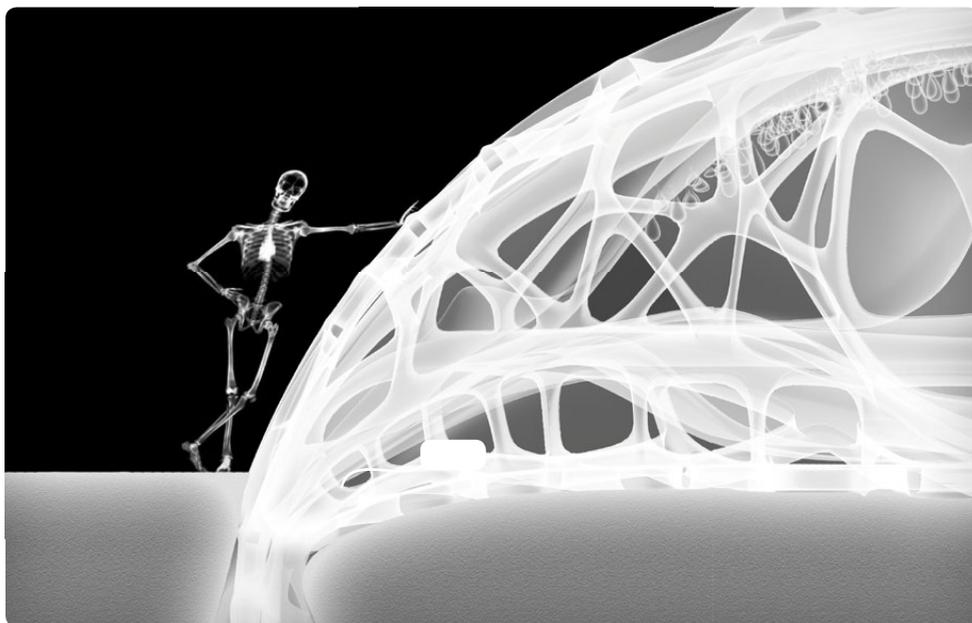
Wenn es dunkel wird, entscheiden Bewegungsmuster im Habitat darüber, ob die Luciferine in der Innenhülle aktiv werden sollen. Beginnen sie sich zu entladen, fangen die Innenwände an den richtigen Stellen an zu leuchten. Die Lichtintensität ist relativ gering. Dennoch erzeugt die große leuchtende Fläche ausreichend Helligkeit, um den Abend weiter entspannt genießen zu

können. Da es Luciferine gibt, die alle wichtigen Farben produzieren können, lassen sich viele Lichtstimmungen herstellen. Bekannterweise bevorzugen wir abends warmes rötliches Licht, das uns entspannt. Helles Licht, das hohe Frequenzen enthält, macht uns munter.



„Ein Flügel trennt den Ruhe- und Schlafbereich vom übrigen Habitat. Will man sein Ruhe haben, legt man sich in den dicken flauschigen Pelz, der so hoch gewachsen ist, dass er den Liegenden beinahe umhüllt. Bettwäsche ist hier überflüssig und wäre sogar unhygienisch. Der weichfasrige Teppich beherbergt einen biotechnologisch kreierten Mikrokosmos, der ihn rein hält und nachts auch uns mit seinen

bakteriellen Methoden bearbeitet. So erhält unsere Haut eine unsichtbare Dusche, die uns morgens frisch erwachen lässt. Dieses Bett kann auch „riechen“, ob wir krank werden. Dann informiert es sofort das Habitat, das umgehend Gegenmaßnahmen einleitet.“



Auch ein Habitat will gepflegt werden. Dazu gehört, auch auf seine Gesundheit zu achten. Wichtige Stoffwechselindikatoren werden laufend durch ein Messgerät, das fix im hinteren Bereich installiert ist, gemessen. Wenn unverständliche Werte angezeigt werden oder sein Bewohner schon am Geschmack der neuen Früchte, dem abendlichen Licht oder anderen Hinweisen

erkennt, dass es seinem „Hab“ nicht gut geht, wird ein Scan gemacht. Mitunter kommt es vor, dass „Habs“ operiert werden müssen, oder sie sogar ihren Dienst zu früh einstellen. Das passiert zum Glück sehr selten. Die meisten Habitate halten, so wie es ein soll, ein Menschleben lang durch.



„Unser Hab und wir haben mittlerweile eine echte Beziehung. Das kommt wohl daher, dass es so viel für uns leistet und ja auch Interaktion stattfindet. Dabei ist tatsächlich kein Hab dem anderen völlig gleich. Ich merke es zuerst einmal daran, dass man bei jedem „Hab“ anders durch den Borstenbart fährt. Würden mir meine Freunde nicht helfen bei ihnen einzutreten, käme ich kaum hinein. Umgekehrt ist

es auch so. Ich erinnere mich noch, als ich als Kind das erste Mal bei unserem alten „Hab“ ganz alleine raus und wieder herein kam. Bei meinem jetzigem, mit seinen weichen Borsten zu Beginn, war es dann ganz leicht. Mein „Hab“ ist natürlich das beste. Keines macht besseres Essen.“



2015