

Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



21.10.2013 Dr. Oliver Schwarz

Rekorde der Tierwelt

Faszination für neue bionische Ideen

Sprinten



Sprintweltmeister Usain Bolt hätte über 100 m gerademal ein Drittel der Distanz geschafft, wenn ein Gepard (*Acinonyx jubatus*) ins Ziel käme.

-> zehn Sekunden gegen etwa drei.

-> Endgeschwindigkeit von 44 km/h gegenüber bis zu 120 km/h

Andere Tiere: Windhunde, Gabelböcke, Riesenhängurus

Und ein schwergewichtiges Flusspferd?

mit 48 km/h würde es vor ihnen durchs Ziel stapfen☹



Marathon



Den Weltrekord über 10.000 m hält der Äthiopier Haile Gebrselasse mit 26:22,75 Minuten.

-> der Gabelbock (*Antilocapra americana*) würde dafür nur 12:30 Minuten benötigen.

Die besten Marathonläufer sind auf ihrer Spezialstrecke gut zwei Stunden unterwegs.

-> Onager, *Equus onager*, ein asiatischer Wildesel, schafft die 42-km-Distanz in nur 45 Minuten.

-> Der Kulan, ein Halbesel Mittelasiens, *Equus hemionus*, ist der Dauerläufer schlechthin. 70 km/h hält er mindestens fünf Kilometer lang durch. Bei Distanzen um die 40 Kilometer kann er immer noch 50 „Sachen“ schnell sein.

-> der Vogel Strauß (*Struthio camelus*) kann 30 min 50 km/h rennen und erreicht Spitzen von 72 km/h. Er ist damit der ausdauernde bipede Läufer.

Gewichtheben



260 kg können unsere besten Schwergewichtler hoch heben,

-> Ein Gorilla kann 900 kg , und das ohne Aufbautraining und ohne Anabolika

die nur 2 mg wiegende afrikanische Weberameise sah man einen toten Vogel von 7 g fortziehen.

-> Für den Menschen würde das bedeuten, ? PKWs mit seiner Muskelkraft von der Stelle zu bewegen.

Weitsprung



Der derzeitige Weltrekord im Weitsprung liegt bei 8,95 m von Mike Powell 1991

-> der vom Schneeleopard mit 14 m locker getoppt wird. --> Der Rothirsch springt 11 m, was etwa dem 4,5fachen seiner Körperlänge entspricht.

Durch den Vergleich der Sprungweite zur Körperlänge kommt der Floh auf ganz erstaunliche Leistungen.

-> Auch wenn er „nur“ etwa 60 cm springt, entspricht es dem ? fachen seiner Körperlänge.

Der Springfrosch mit seinen 2 m weiten Sprüngen schafft immerhin noch das 33fache seiner Körperlänge.

Hochsprung

Die menschlichen 2,45 m (Javier Sotomayor , Kuba, 1993)
stehen

-> den 5,50 m gegenüber, die der Puma in die Höhe
schnellt (sogar ohne Stab ;-)

Schwimmen



Australiens neuer Superschwimmer Ian Thorpe bringt es auf 6 bis 7 km/h im Becken.

- > Der Blaue Marlin, *Makaira nigricans*, schafft 120 km/h,
- > Delphine 100 km/h und
- > Eisbären auf ?

Lautestes Insekt

Düsenflugzeug in 100m Entfernung: 110-140 dB

Presslufthammer 1m Entfernung: 100 dB

Afrikanische Zikade, *Brevisana brevis*, hat eine Dauerlautstärke von 106,7 dB

Kurzzeitig können höhere Werte erreicht werden



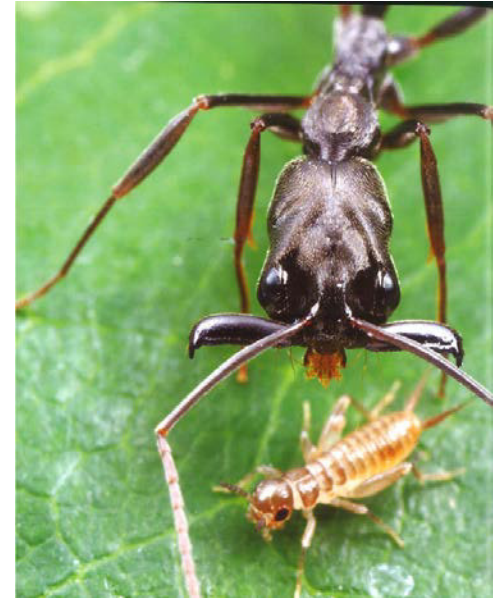
Schnellstes Zuschnappen

Die Schnappkieferameise *Odontomachus bauri* funktioniert wie eine Armbrust.

-> Der Kieferschluss dauert nur 0,13 Sekunden

-> d.h. 35-64m /sec.

Die Beschleunigung ist das 100 000 Fache der Erdbeschleunigung



Schnellste Läufer der Insekten

Die Sandlaufkäfer (Rivacindela-Arten) in Australien erreichen Spitzengeschwindigkeiten von 2,5m/sec. (9km/h) und mittlere Geschwindigkeit von 1,8m/sec. (5,4m/sec)

Die amerikanische Schabe (Periplaneta americana) ist bisher der Rekordhalter (5,4m/sec)



Längster Rüssel



Charles Darwin prophezeite 1862 in seinem Buch „On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects“, dass es für die madagasische Orchidee Stern von Madagaskar (*Angraecum sesquipedale*) einen Bestäuber geben müsste.

Xanthopan morgani
(WALKER, 1856)

Diese hat bis zu 35 cm lange Sporne.
1903 wurde dies bestätigt.

Der Schwärmer wurde auf *Xanthopan morgani*
praedicta
getauft.



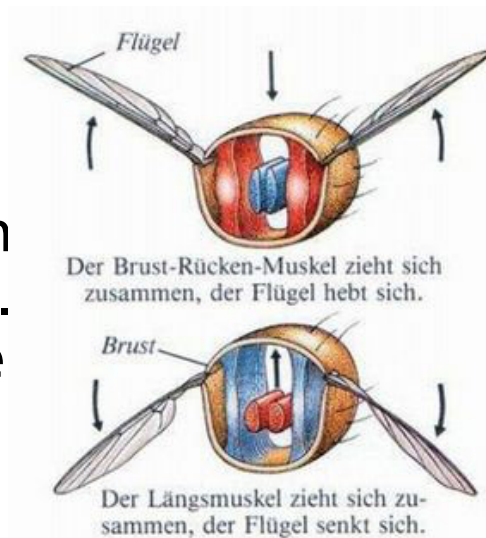
Schnellster Flügelschlag im Tierreich



Große Tiere und primitive Insekten setzen die direkte Kontraktion von an den Flügeln ansetzenden Muskeln ein.

Die Flugmuskulatur „moderner“ Insekten setzen innerhalb des Thorax nahe der Flügelbasis an. Wenn die Muskeln kontrahieren dehnt sich die Thoraxkapsel ein und Flügel schnellen nach oben. Entspannen die Muskeln, schnappt der Decke in die ursprüngliche Form zurück.

Die zu den Zweiflüglern gehörende Gnitzen/Bartmücken der Gattung *Forcipomyia* erreichen 1046 Flügelschläge/sec



Schnellster Insektenflug



Schnellstes fliegendes Insekt:
Das schnellste Insekt ist die
Libelle, die bis zu 58 km/h
schnell fliegen kann.

Schnellste Flieger

Der schnellste "normale" Vogel ist der Wanderfalke im Sturzflug der bis zu 360 km/h schnell fliegt. Neueste Versuche haben einen Rekord von 389 km/h gemessen.

Ein weiterer schneller Flieger ist der Stachelschwanzsegler. Bei ihm wurden im Sturzflug Geschwindigkeiten von bis zu 335 km/h gemessen.

Im Horizontalflug ist der Mauersegler der Rekordhalter mit bis zu 200 km/h.

Vorlesung

Grundlagen Bionik



08.04.2012 Dr. Oliver Schwarz

Neuer Veranstaltungsort der Vorlesung

Neuer Vorlesungsort:
IFF-Gebäude Raum 0201
(Besucheradresse: Allmandring 35)



Grafiken © 2013 GeoBasis-DE/EKG (©2009), Google, Kartendaten ©2013 GeoB

Stand 21.10.2013

Termine Vorlesungen (IFF Seminarraum):

in Rot: Zusatztermine, freiwillig, nicht Klausurrelevant, wird als Vorlesungsbesuch gewertet (zur Kompensation von Fehlzeiten)

Vorlesungen Montagtermine	Themen	Dozenten
21.10.2013	Einführung	Brümmer/Schwarz
28.10.2013		Schwarz
04.11.2013		Schwarz
(Abendtermin, vdi Haus) 04.11.2013	Braucht das Auto die Bionik?	Jambor
11.11.2013		Schwarz?
18.11.2013		Schwarz
25.11.2013		Brümmer
02.12.2013		Brümmer
09.12.2013		Brümmer
16.12.2013		Schwarz
23.12.2013	vorlesungsfrei	
06.01.2014	vorlesungsfrei	
13.01.2014		t.b.d.
20.01.2014		t.b.d.
27.01.2014		t.b.d.
03.02.2014	Klausur	Brümmer/Schwarz
(Abendtermin, vdi Haus) 03.02.2014	Das Versprechen der Bionik: was bringt's für die Architektur?	

Ort für die Abendveranstaltungen:

VDI-Haus Stuttgart

Hamletstrasse 11

70563 Stuttgart

S-Bahn Haltestelle Österfeld, dann 5 min zu Fuß

Beginn 18 Uhr

Stand 21.10.2013

Übungstermine (14-17 Uhr, donnerstags, Biologisches Praktikum, Pfaffenwaldring 58 1/832)	
Termine	Themen
21.11.2014	Botanik
28.11.2014	Feder + Haihaut + Eisbärhaare, Seemaus, Glasschwamm (optische Leiter)
05.12.2014	wasserabweisende Oberflächen
19.12.2014	beißen stechen saugen bohren
09.01.2014	Besuch Naturkundemuseum
16.01.2014	Besuch Wilhelma

Notwendig zum Bestehen des Moduls „Bionik für die Medizintechnik“

- Max. Fehlen an 2 Terminen,
- Fehltermine können kompensiert werden durch Teilnahme an den beiden Abendterminen (kostenpflichtig, 2,50€ für VDI Mitglieder, bzw. 5€)
- Durchführen kleiner Hausarbeiten (z.B. Recherchen; Themen vom Dozenten ausgegeben)
- Ausarbeitung von 1 Kurzreferat zu Themen, die sich in der Vorlesung ergeben haben, Darstellung als Kurzreferate in der darauffolgenden Vorlesung.
- Teilnahme an und Bestehen der Klausur

Wo finden sich naturinspirierte Erfindungen (Produkte) in anderen Industriezweigen? -1

Informatik	Neuronale Netze, Evolutionsstrategie
Automotive	Bauteil- u. Strömungsoptimierung, Leichtbau,
Schiffsbau	Schiffsschrauben, AntiFouling
Flugzeugbau	Flugzeug, Winglets, Riblet-Folie
Materialwissenschaften	Lotus-Effekt, „Selbstheilungseffekt“, Haftung ohne Kleben, Bio-Klebstoffe, Mottenaugeneffekt

Wo finden sich naturinspirierte Erfindungen (Produkte) in anderen Industriezweigen? -2

Sensorik	Einparkhilfe, Brandfrühwarnsystem
Architektur	Passive Lüftung, Beschattung, Leichtbau
Kommunikationstechnologie	Frequenzmodulierung unter Wasser
Medizintechnik	Ultraschalldiagnostik, Implantate
Automation	Schwarmintelligenz



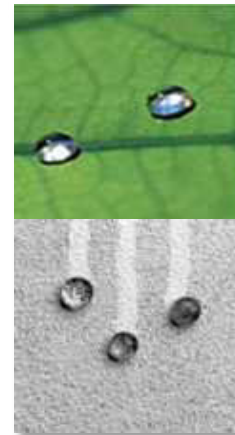
1. Flugzeug



2. Rot-grün-blau-Farbcode



3. Multiwinglets



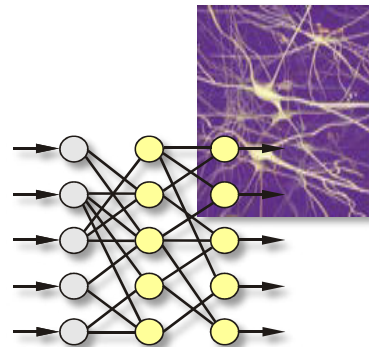
5. Lotus-Effekt



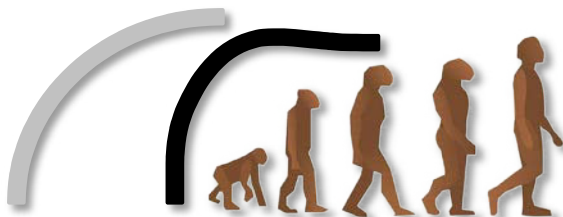
4. Ablösebremse



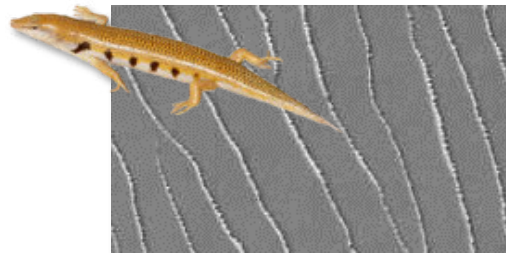
7. Gecko-Tape



6. Neuronale Netze



8. Evolutionsstrategie



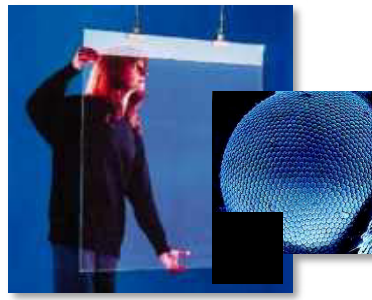
9. Sandfisch-Effekt



10. Selbstorganisation



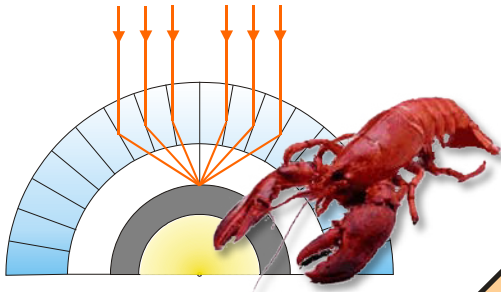
11. Delfin-Modem



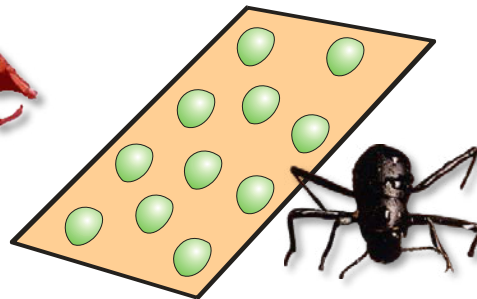
12. Mottenaugen-Effekt



13. Künstlicher Spinnenfaden



14. Lobster-Teleskop



15. Nebelkollektor-Käfer



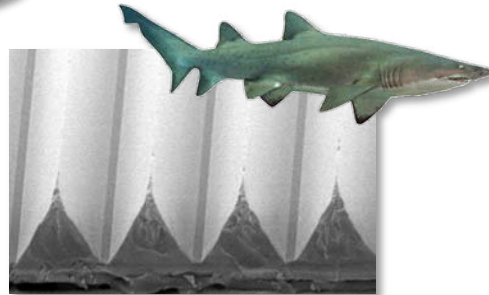
16. Hai-Antifouling



17. Berwian



18. Micro-Air-Vehicle



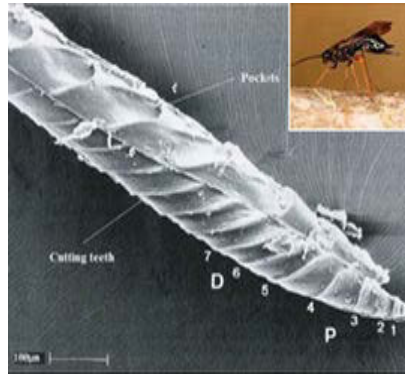
19. Riblet-Oberfläche



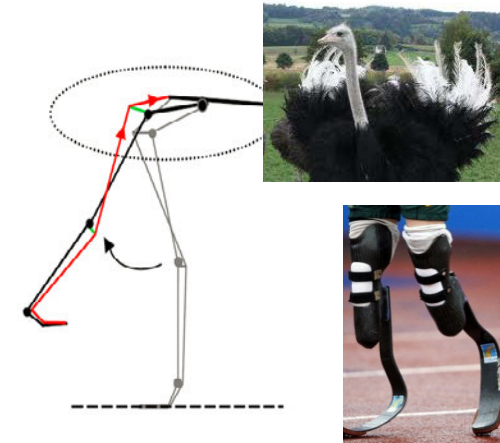
20. Wirbeldämpfung durch Fischschleim



21. Schneiden und transportieren



22. Bohren nach Vorbild von Insekten



23 Prothesen nach tierischen Vorbildern



24. Bionische Implantate



25. Künstliche Muskel-Antriebe

Der Begriff „Bionik“ -1

Der englische Begriff **bionics** wurde vom Amerikaner Jack E. Steele 1960 auf einem Kongress in Dayton (Wright Air Development Division), Ohio, geprägt.

Titel des Kongresses: „Living prototypes – the key to new technology“

Thema des Kongresses waren Neuronale Verarbeitung, BioComputer, Sensorik, die Verbesserung des Radars durch das biologische Sonar der Fledermäuse.

Der Begriff **Bionics** entstand entweder aus den Worten **biology** und **technology** oder (eher) aus „**Biology**“ und „**Electronics**“



J. E. Steele (1924-2009)
<http://www.ilasting.com/jacksteele.php>



Der Begriff „Bionik“ -2

- **bionic** [Engl.] = the construction of body parts (prostheses) , more generally combination of biology and electronics ("Cyborg*")
- -> d.h. überall wo Elektronik eingesetzt wird, um natürliches Bewegungsverhalten hervor zu rufen, wird bionic verwendet (z.B. aktive Prothesen, Robotik)
- **biomimetic** [Engl.] = **Bionisch** [Germ.] = to transfer natural phenomena into technological applications. Biomimetics uses the specialized optimizations of organisms developed in millions of years of evolution

Biomimetic [Engl.] wird synonym mit **Biomimikry** [Engl.] verwendet, Im Deutschen hat **Biomimikry** und **Biomimese** eine andere Bedeutung

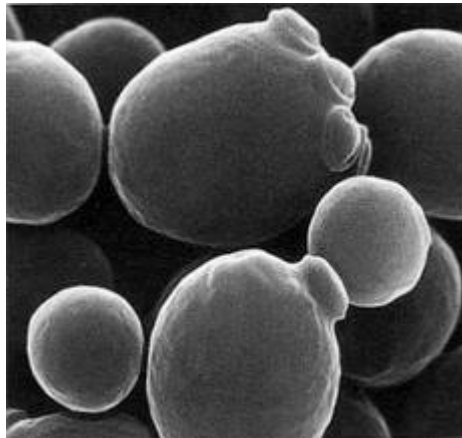
* *cybernetic organism*

Der Begriff „Bionik“ - 3

Biotechnologie (Biotechnik):

Steht für mikrobiologische, molekularbiologische sowie biochemische Inhalte. Nutzung von Lebewesen für die Produktion von Stoffen.

Abgrenzung zur Bionik: Lebewesen sind Ideengeber für technische Umsetzung, dienen aber nicht als Erzeuger von bionischen Produkten.



Beispiele für „bionics“ (1)



Beispiele für „bionics“ (2)

Browser navigation bar: Chronik, Lesezeichen, Extras, Hilfe

Address bar: /?pageid=12703

Search bar: bionic prostheses

Navigation bar: PROSTHETICS, BRACING AND SUPPORTS, CUSTOMER SERVICE, ÖSSUR ACADEMY, ABOUT ÖSSUR

Breadcrumb: Össur » Prosthetics » Bionic Technology » POWER KNEE

Social sharing: Like, 6, Send

Bionic Technology

- + SYMBIONIC LEG
- + PROPRIO FOOT
- + RHEO KNEE
- POWER KNEE**

Design

User Stories

Technology

Specifications

About Bionic Technology

POWER KNEE™



Power • Safety • Endurance
Unprecedented function and performance

The world's first and only active prosthesis for above-knee amputees, this highly intelligent knee works as an integrated extension of the user, replacing true muscle activity to bend and straighten the knee as required.

- Provides the power to help maintain walking speeds.
- Assists with the upward motion required for stairs and inclines.
- Learns and responds to unique patterns of gait for natural, efficient motion.

Össur
TECHNOLOGY BY ÖSSUR

6,096 people like Össur.





"Going up-hill with the POWER KNEE is fantastic. I can definitely feel the power of the knee. It makes me feel like a Power Woman!"

[Read Beate Bakermans's story.](#)

Discuss the options available to you with your local prosthetist or call



Beispiele für „bionics“ (3)

chronik Lesezeichen Extras Hilfe

+

n/?PageID=12702

☆ ▼ ↻ bionic prostheses

or: Alle New... CPH-Hotels Weihnach... Google GMX - Mein GMX Aktuelle Nachrichten Meistbesucht ELKA abfragen Mozilla Firefox.Ink

Life Without Limitations®

Össur Americas (change)

Search

PROSTHETICS BRACING AND SUPPORTS CUSTOMER SERVICE ÖSSUR ACADEMY ABOUT ÖSSUR

Össur » Prosthetics » Bionic Technology » RHEO KNEE

Print Like 17 Send

Bionic Technology

- + SYMBIONIC LEG
- + PROPRIO FOOT
- RHEO KNEE**

Design

User Stories

Technology

Specifications

+ POWER KNEE

About Bionic Technology

RHEO KNEE

Security • Adaptability • Freedom

The most adaptable solution of its kind

This is a knee so smart, it adapts automatically to individual walking styles and different environments, continuously learning and improving its response over time.

- Fast enough to help prevent a fall.
- Smart enough to tackle slopes and stairs.
- Adaptable enough to respond to all life's little hurdles.

Discuss the options available to you with your local prosthetist or call Össur Customer Service today for more information.

RHEO KNEE
David Leeka tells his story!

RHEO KNEE
The story of Mike McNaughton

A woman in a white dress walking with a RHEO KNEE prosthesis, carrying shopping bags.

Proven results

A new study published in Germany^{ref. 1} explores the

Beispiele für „bionics“ (4)

Mozilla Firefox
Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

www.ossur.com/?PageID=12704

InnoMonitor: Alle New... CPH-Hotels Weihnach... Google GMX GMX - Mein GMX Aktuelle Nachrichten Meistbesucht ELKA abfragen Mozilla%20Firefox.Ink

Bionic Technology

- SYMBIONIC LEG
- PROPRIO FOOT**
- RHEO KNEE
- POWER KNEE
- About Bionic Technology

Design

User Stories

Technology

Specifications

PROPRIO FOOT



Powered • Adaptive • Natural

Because the world is not flat

The new PROPRIO FOOT features:

- Powered ankle motion.
- Intelligent terrain adaptation.
- Natural function.

[Read more about the world's first intelligent foot...](#)

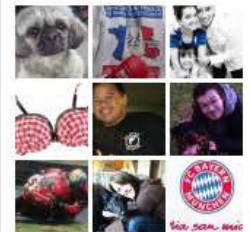
PROPRIO FOOT
Jim Hill tells his story!

"Since I've had the PROPRIO FOOT, I don't trip anymore, I don't have sores on my legs and I don't use crutches."
[Watch Jim Hill's story \(on video\).](#)

Discuss the options available to you with your local prosthetist or call Ossur Customer Service today for more information.

Ossur
Like

6,096 people like Ossur.



Exkurs: Mimiky



Mimikry bedeutet also, dass eine harmlose Art die Gestalt, die Farbe oder auch die Bewegung einer giftigen, ungenießbaren oder wehrhaften Art nachahmt. Dieser Art wird "Batesische Mimikry" genannt.

"Müllersche Mimikry" hingegen liegt vor, wenn mehrere wehrhafte oder ungenießbare Wesen eine ähnliche Musterung zeigen.

Peckham'sche Mimikry beschreibt, dass andere Arten angelockt werden.

Exkurs Mimese



Mimese bedeutet also, dass ein Tier die Gestalt, Farbe und Haltung eines Teils seines Lebensraumes nachmacht

Vortragsankündigung

Braucht das Auto die Bionik?

Referent: Dipl.-Ing. Arno Jambor

Teilnahmegebühr 10,- €, VDI-Mitglied 7,50 €,

Studenten und Pensionäre 5,- €,

Studenten und Pensionäre VDI-Mitglied 2,50 €

Ort VDI-Haus Stuttgart, Hamletstraße 11,

70563 Stuttgart-Vaihingen

(S-Bahn Haltestelle Österfeld)

Definition „Bionik“ 1

Die erste Definition von Steele:

„Die Bionik entwickelt Systeme, deren Funktion natürlichen Systemen nachgebildet ist, die natürlichen Systemen in charakteristischen Eigenschaften gleichen und ihnen analog sind.“

Mit dieser Definition des Arbeitsgebietes war die Bionik als richtige Wissenschaft ins Leben gerufen.

Definition 2

Lucien Gérardin in „Natur als Vorbild“ (1972):

„Die Bionik ist die Kunst, technische Probleme durch Kenntnis natürlicher Systeme zu lösen.“

Definition 3

VDI 6220 (Entwurf)

Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel

durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnen wurden, technische Fragestellungen zu lösen.

Definition 4

Thomas Speck:

Umsetzen der Erkenntnisse aus der Biologie in technische Anwendungen,

Keine direkte Übertragung, sondern ein kreatives Umsetzen in die Technik,
d.h. ein durch die Natur angeregtes „Neuerfinden“

Umsetzung in die Technik in der Regel über mehrere Abstraktions- und
Modifikationsschritte.

Definition 4

Ingo Rechenberg:

„Technische Nutzung von Resultaten der biologischen Evolution.“

Aussagen über Bionik

Heinrich Frontzek (FESTO), Leiter Bereich Bionic Learning Network und Future Concepts in [1]:

„In der Bionik werden zwei Sichtweisen zusammengeführt, Biologen beschreiben Phänomene aus der Natur und Ingenieure, welche technische Probleme lösen müssen, d.h. dass entweder Biologen an den Entwickler mit einem Mechanismus herantreten, den sie vielleicht nutzen könnten, oder dass Entwickler Biologen fragen, ob sie nicht eine Idee aus der Natur wüssten, die zur Lösung eines Problems führen könnte. Dann beschreibt man, was in der Natur passiert, überträgt das in ein biologisches Modell und baut daraus ein Funktionsmuster, also eine Simulation oder ein Modell. Dieses Funktionsmuster versucht Festo zu technisierten und in eine industrielle Anwendung zu überführen. Das ist der Königsweg.“

[1]: Knoke, Felix 2013: Bionik Vorbild Natur. CHIP.DE 02/2013: 118 -121

Heinrich Frontzek:

„Im Alltag ist wie Bionik viel Versuch und Irrtum - ganz wie in der Evolution das ständige Versuchen und Scheitern der Normalfall ist. Aber das ist ein wichtiger Teil der Kreativität, die Bionik freisetzen kann.“

Heinrich Frontzek:

„Bionik ist einfach faszinierend und Faszination ist der Treibstoff für den Innovationsmotor“

[1]:Knoke, Felix 2013: Bionik Vorbild Natur. CHIP.DE 02/2013: 118 -121

Rainer Erb (Biokon Vorstand) in [1]:

- „ Bionik funktioniert nur wenn man eine Bereitschaft zur Grenzüberschreitung entwickelt.“ Als Innovationsmethode hebt sich die Bionik von anderen Ansätzen ab. „Vertreter verschiedener Disziplinen reden und arbeiten miteinander. Das ist ein Paradigmenwechsel der Innovationsschübe bringt.“
- „ Deutschland ist in der Bionik weltweit - noch - ganz vorn.“

[1]:Knoke, Felix 2013: Bionik Vorbild Natur. CHIP.DE 02/2013: 118 -121

Rainer Erb (Biokon Vorstand) in [1]:

„Die Natur hat dermaßen clevere Ideen an muss sie nur erkennen und umsetzen - das ist nicht einfach.“ Wenn mehr Leute Bionik denken würden, wären viele unserer Produkte smarter cleverer und nachhaltiger.“ Energie ist das Mega Thema und Bionik trägt massiv zu einer effizienten Energienutzung bei.“

[1]:Knoke, Felix 2013: Bionik Vorbild Natur. CHIP.DE 02/2013: 118 -121

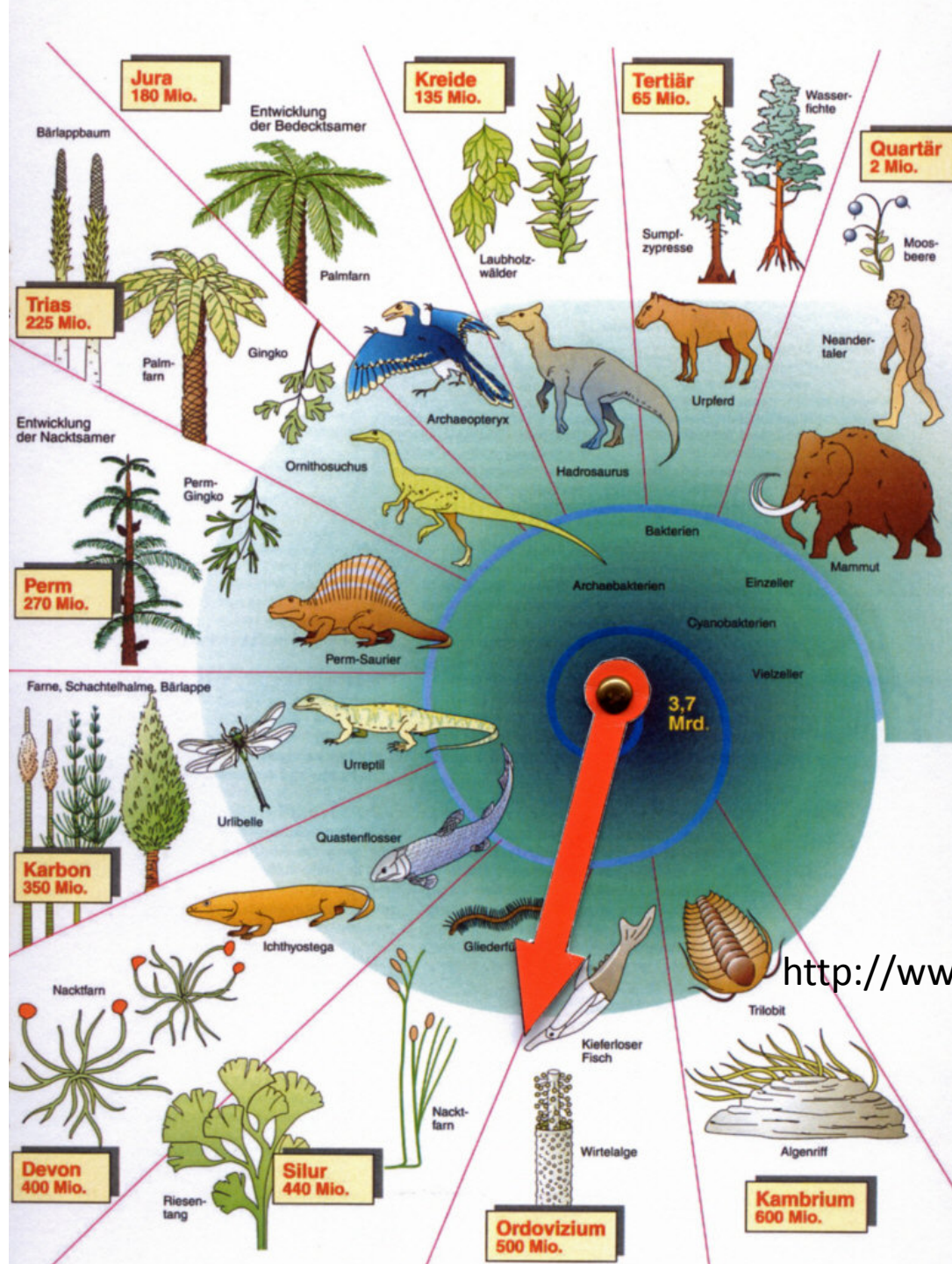
Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



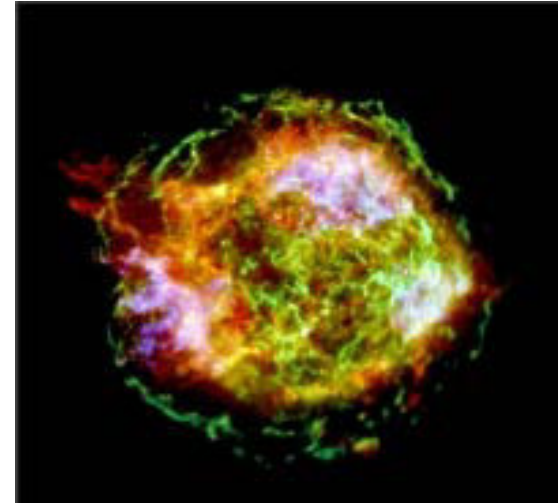
Die Evolution des Lebens

04.11.2013 Dr. Oliver Schwarz



<http://www.sauti.de/index.htm>

Das Hadaikum – Unser Planet entsteht



Die Erde **vor 4,6 Mrd. Jahren:**

Es bilden sich Erdkern, Erdmantel und Erdkruste.

Das Urmeer bildet sich.

Die Atmosphäre bestand zu diesem Zeitpunkt aus einem

Gasgemisch aus Kohlendioxid (CO₂),

Kohlenmonoxid (CO),

Stickstoff (N₂),

Methan (CH₄),

Schwefelwasserstoff (H₂S),

Cyanwasserstoff (HCN),

Ammoniak (NH₃),

Wasserdampf (H₂O)

und Spuren von Sauerstoff (O₂) und Ozon (O₃),

Benannt wurde das Hadaikum nach der griechischen Unterwelt

"Hades".

Das Archaikum (4 Mrd. – 2,5 Mrd.) das erste Leben

Gesteine werden gebildet.

UV-Strahlung bombardiert Erde,

Giftige Atmosphäre ohne Sauerstoff, Es regnete Chemikalien,

Lava ergoss sich in ein giftiges Meer,

Das waren scheinbar die optimalen Bedingungen für die Schöpfung.

Dem urzeitl. Chaos entstand eine Ordnung und Komplexität: spiralförmiges

Molekül, das in der Lage war sich schneller zu kopieren als dass es zerstört

wurde. Als das Molekül von Membranhüllen umgeben wurde, veränderte es
die blühte das Leben auf.



Vor 3,5 Mrd. Jahren entstanden Moleküle, die Sonnenlicht als Energieressource nutzen konnten: die

Stromatoliten: biogene Gesteinsformationen, winzige Pflanzen in Matten stellen das fortgeschrittendste Lebens über eine Zeit von 1 Mrd. Jahre dar.

Erste Feinde: primitive einzellige Feinde wie z.B. Amöben, die diese einfachen Pflanzen fraßen.

Erst am Ende des Archaikum gibt es **ersten Sauerstoff in der Atmosphäre.**

Im Meer entstanden die ersten, noch zellkernlosen Bakterien.

Entwicklungsschub: als sich gleiche Zellen zusammen schlossen.
Endosymbionthentheorie versus Autosomentheorie

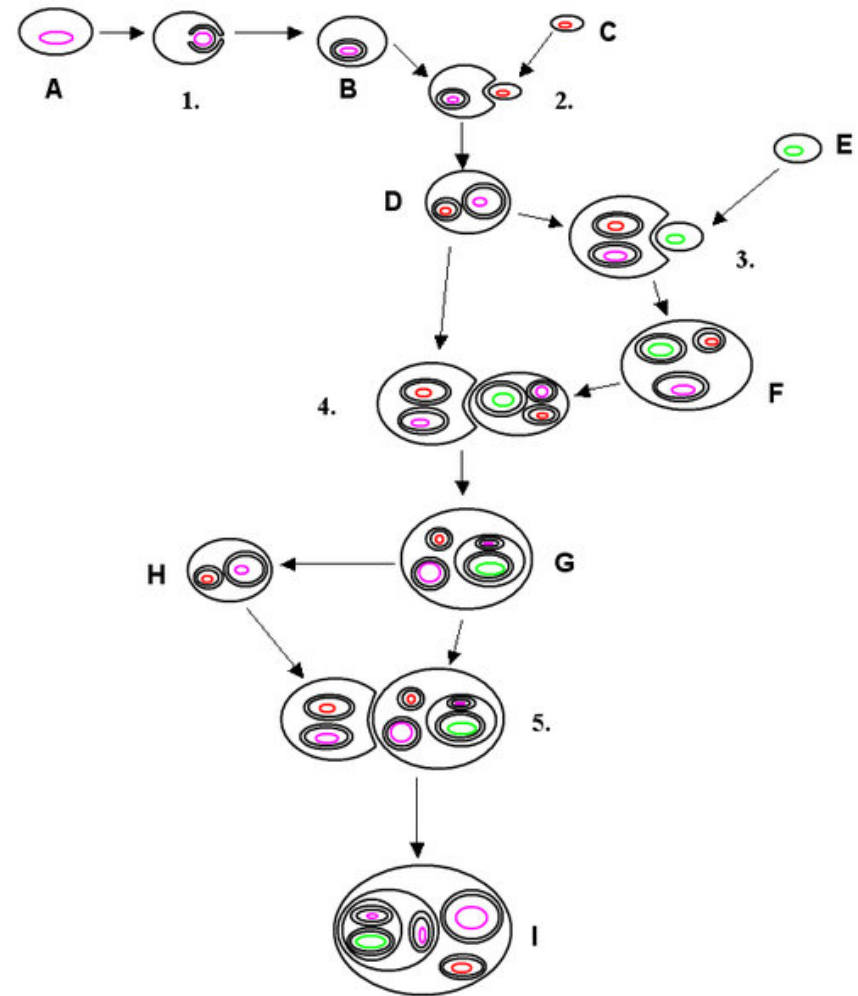
Entwicklungsschub: Zelldifferenzierung: z.B.: Quallen: Zellen für Fortbewegung , Fortpflanzung und Nahrungsaufnahme.
Quallen waren das höchstentwickelte Wesen

Die Endosymbionthentheorie

Vereinfacht gesprochen besagt die Theorie, dass im Laufe der Entwicklung des Lebens einzellige Lebewesen durch ein anderes einzelliges Lebewesen aufgenommen und zu Bestandteilen der Zelle eines so entstandenen höheren Lebewesens wurden.

Im Laufe der Evolution entstanden so immer komplexere Lebewesen. Auch Bestandteile menschlicher Zellen gehen ursprünglich auf einzellige Lebewesen zurück, die zu einem Bestandteil der Zellen wurden.

Unsere Zellen, die der Pflanzen und Hefen gehören deshalb den Eukaryoten an – im Unterschied zu Bakterien und Archäen



Das Paläozoikum (Erdaltertum)

= Zusammenfassung von

Perm (298,9–252,2 mya*)

Karbon (358,9–298,9 mya)

Devon (419,2–358,9 mya)

Silur (443,4–419,2 mya)

Ordovizium (485,4–443,4 mya)

Kambrium (542–485,4 mya)

*million years ago

Das Kambrium – das Leben „explodiert“

542 bis 488 Mio. Jahre

Als neuere schnellere Lebensformen andere als Beute auserkoren hatten, begann eine neue Entwicklungsstufe: **Selbstverteidigung wurde**

Überlebenswichtig: Panzer, Stacheln, harte Schalen,

Die heutige Formenvielfalt entstand in nur 50 Mio. Jahren in den 3 Mrd. Jahren davor hat sich **als einziger komplexere Organismus die Quale** entwickelt.



Im Kambrium entwickelten viele Arten erstmals **harte Skelette und Schalen**. Dies erklärt sich zum Einen als Schutz vor den ersten großen Räubern, andererseits durch ein hohes Angebot an Kalk im Meerwasser.

Bedrohung des jungen Lebens vom ersten

Anomalocerus (s. Bild): über 1 m Länge: Schrecken des kambrischen Urmeeres.

Kopfschild
(Cephalon)

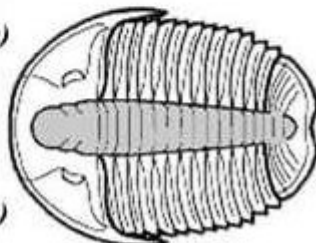
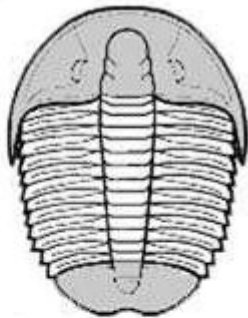
Körper
(Thorax)

Schwanzschild
(Pygidium)

Seiten (Pleuren)

Zentrale Achse

Seiten (Pleuren)



Schematische Darstellung eines Trilobiten

Pikaia: kleines Lebewesen, das seine Nahrung aus der Meer filterte (wie die *Lanzettfischchen* (ist kein Fisch!) es noch heute tun), besaß eine Wirbelsäule aus Knorpel, das den Muskeln Stütze gab. – es war schnell und wendig.

Das Meer wurde aber noch in den folgenden 100.Mio Jahren mit gepanzerten Krustentiere dominiert.

Eine Abstammungslinie des Chordatierchens sind die Fische. Sie hatten keine Kiefer wie heute das rezente Neunauge, besseres Sehvermögen und ein leistungsfähigeres Gehirn als die Krustentiere.

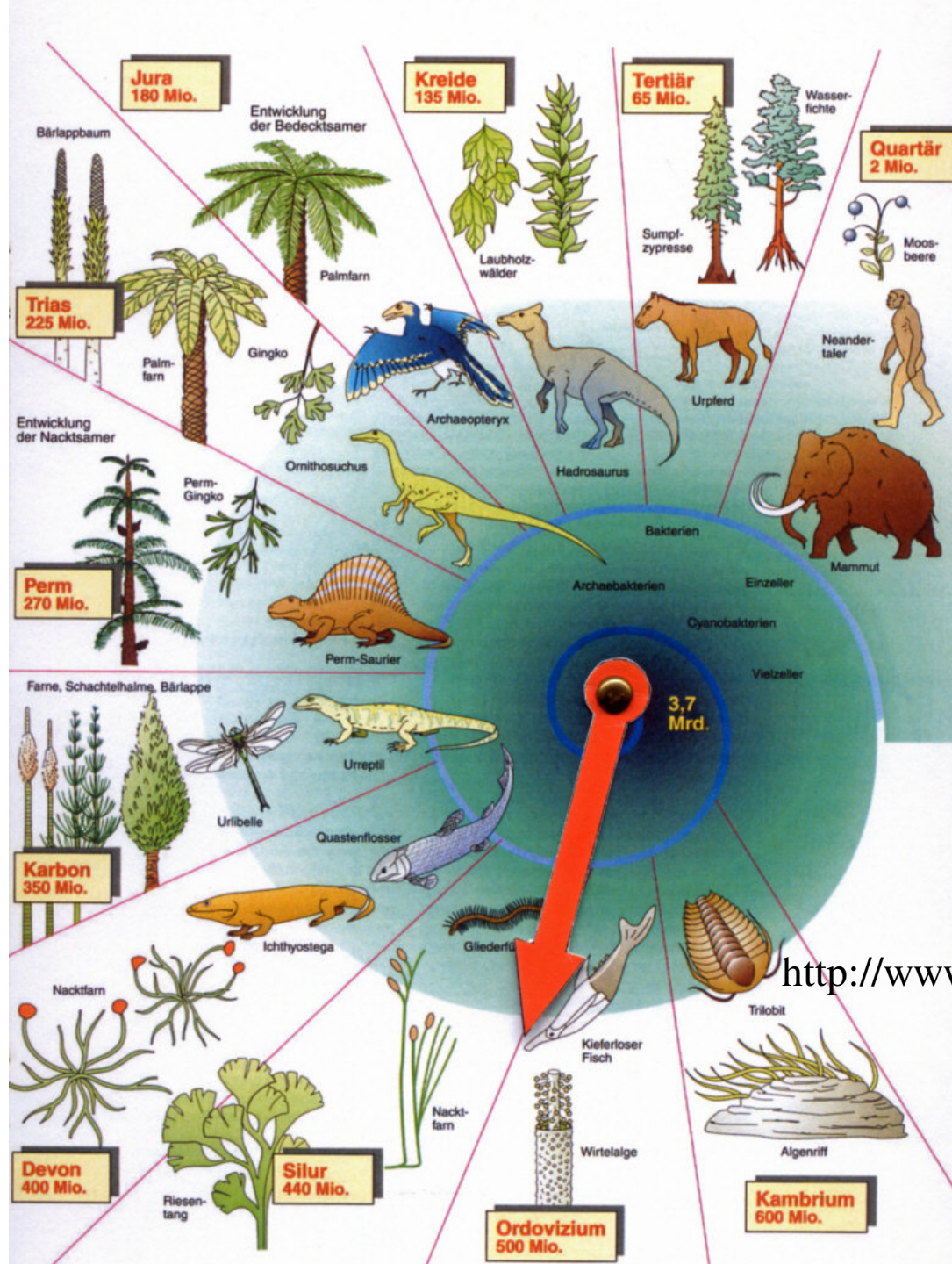
Die Fische wurden schneller, wendiger und vermehrten sich zunehmend. Sie entwickelten knöchernes Rückgrat und zahnbesetzte Kiefer.

Reich	Animalia
Abteilung	Eumetazoa (Echte Gewebetiere)
Stammgruppe	Deuterostomia (Neumünder)
Stamm	Chordata (Wirbeltiere)
Unterstamm	Acrania (=Cephalochordata) (Schädellose)
Maße	4-7 cm
Vorkommen	Schwarzes Meer, Mittelmeer, Europäische Küste
Besonderheiten	Übergangsform an der Basis der Chordaten
Schutzstatus	nicht geschützt

Taxonomische Einordnung des Lanzettfischchens,



Pikaia gracilens



<http://www.sauti.de/index.htm>

Das Ordovizium: Herrschaft der Kopffüßer

488 bis 443 Mio. Jahre

Das Leben im Meer erreicht seinen ersten Höhepunkt. Neben den Trilobiten, bei denen einige erste augenähnlichen Auswüchse aufwiesen, treten Muscheln und Brachiopoden (Armfüßer) auf.



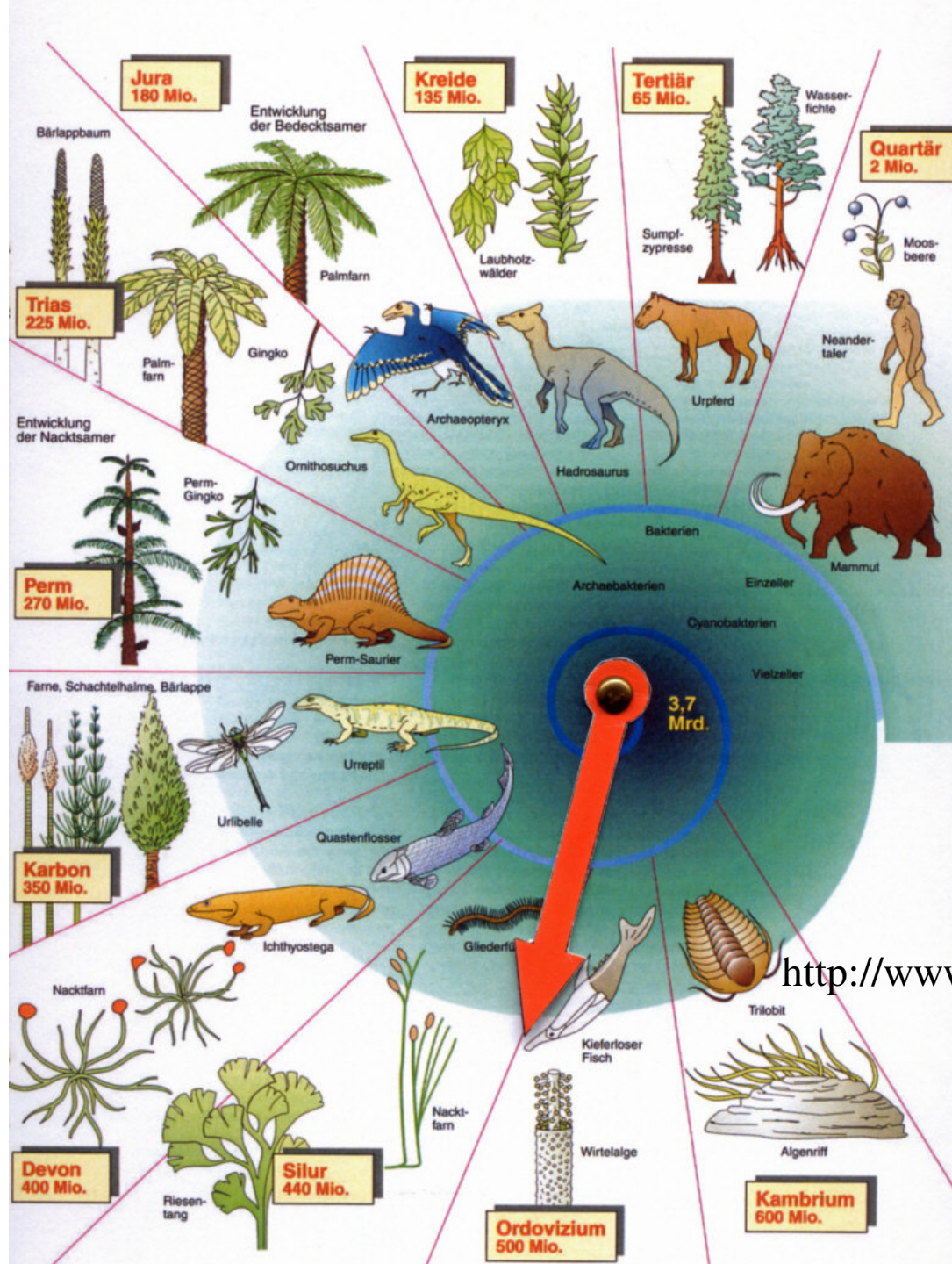
Vergrößerung der Kopfpartie



Am besten entwickelten sich aber die Kopffüßer. Der nächste heute noch lebende Verwandte dieser Tiere ist der Nautilus. Diese waren 100 Mio. Jahre die unangefochtenen erfolgreichen Räuber. Dann trat ein bis dato unbekannter Räuber auf, dessen Kiefer die Schale knacken konnte.

Das Ordovizium schließt mit einem Massenaussterben der tropischen Meeresfauna.





<http://www.sauti.de/index.htm>

Das Silur:

443 bis 416 Mio. Jahre

Korallenriffe und Urpflanzen

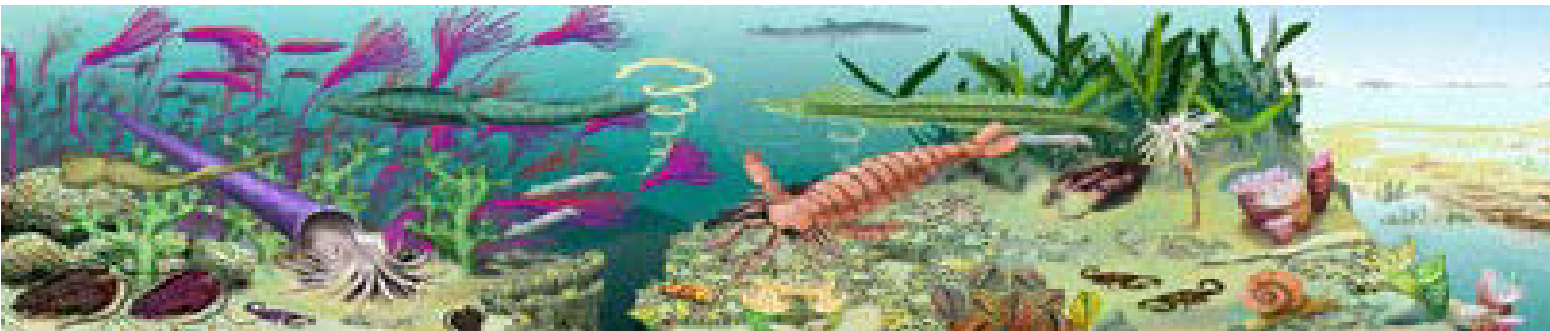
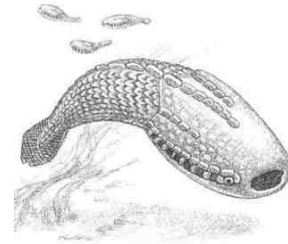
In den Flachwasserzonen bilden sich die **ersten Riffe aus Korallen, Stromatoporen und Kalkalgen**.

Die Häufigkeit der **Agnathen (Kieferlose)** nimmt zu. Der Hinterleib der Agnathen war mit Schuppen, der Kopf und die Brustregion durch einen Panzer u.a. vor räuberischen Seeskorpionen (Eurypteriden) geschützt. Erste, aus primitiven Algen hervorgegangene Landpflanzen (Urfarne) breiten sich als lichte Vegetation in küstennahen Überflutungsgebieten aus.

Diese Urpflanzen bereiten den Boden für den Landgang der Amphibien im folgenden Erdzeitalter, dem Devon, vor.

Während das Meer überquoll, blieb das Land unberührt.

Bis vor 450 Mio. Jahren das Leben das Wasser verließ:



Während das Meer überquoll, blieb das Land unberührt.
Bis vor 450 Mio. Jahren das Leben das Wasser verließ:
Pfeilschwanzkrebse: Verwandte von Spinnen! Kommen
zur Paarung an Land, leben aber noch im Wasser.



Zu neuen Ufern: das Devon

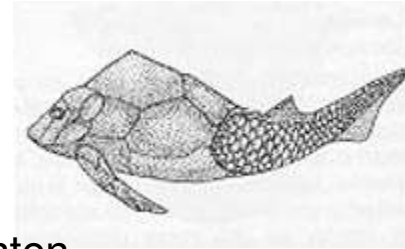
416-359 Mio.
Jahre

Das Devon ist das **Zeitalter der Fische** und der **Besiedelung des Landes**.

Unterscheidung:

1) Panzerfische

- sehr große, vorne mit einem festen Knochenpanzer eingehüllte und hinten mit Schuppen bedeckte Fische



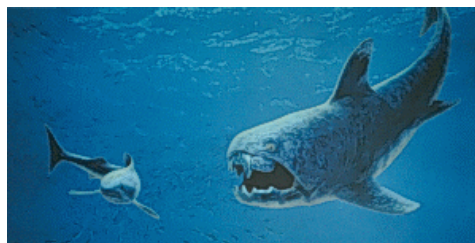
2) Knorpelfische

- Wichtigste Vertreter sind Haie und Rochen, die auch heute noch zahlreich die Meere bevölkern



3) Knochenfische

- Strahlenflosser (vgl. unsere modernen Fische), Lungenfische und Quastenflosser. Zum Teil atmeten diese Fische durch Lungen und gelten so als Brückentier zwischen Fischen und Amphibien



Zu neuen Ufern: das Devon

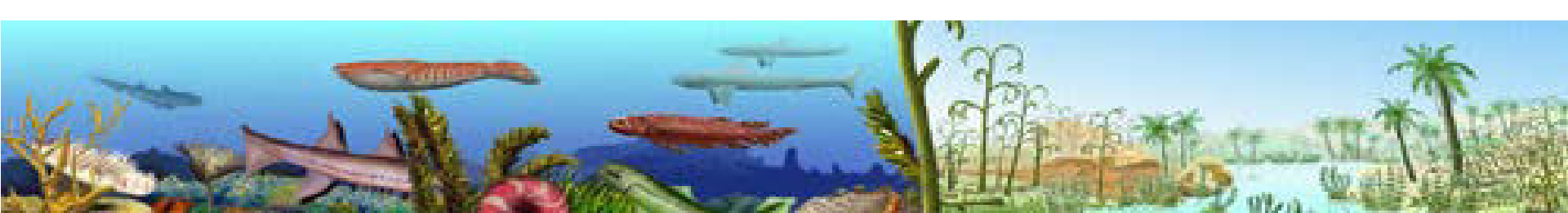
416-359 Mio.
Jahre

Das Devon ist das **Zeitalter der Fische** und der **Besiedelung des Landes**.

Es ist ebenfalls der Beginn der weiträumigen **Besiedelung des Festlandes durch Pflanzen**, die sich aus Süßwasserpflanzen entwickelt haben.

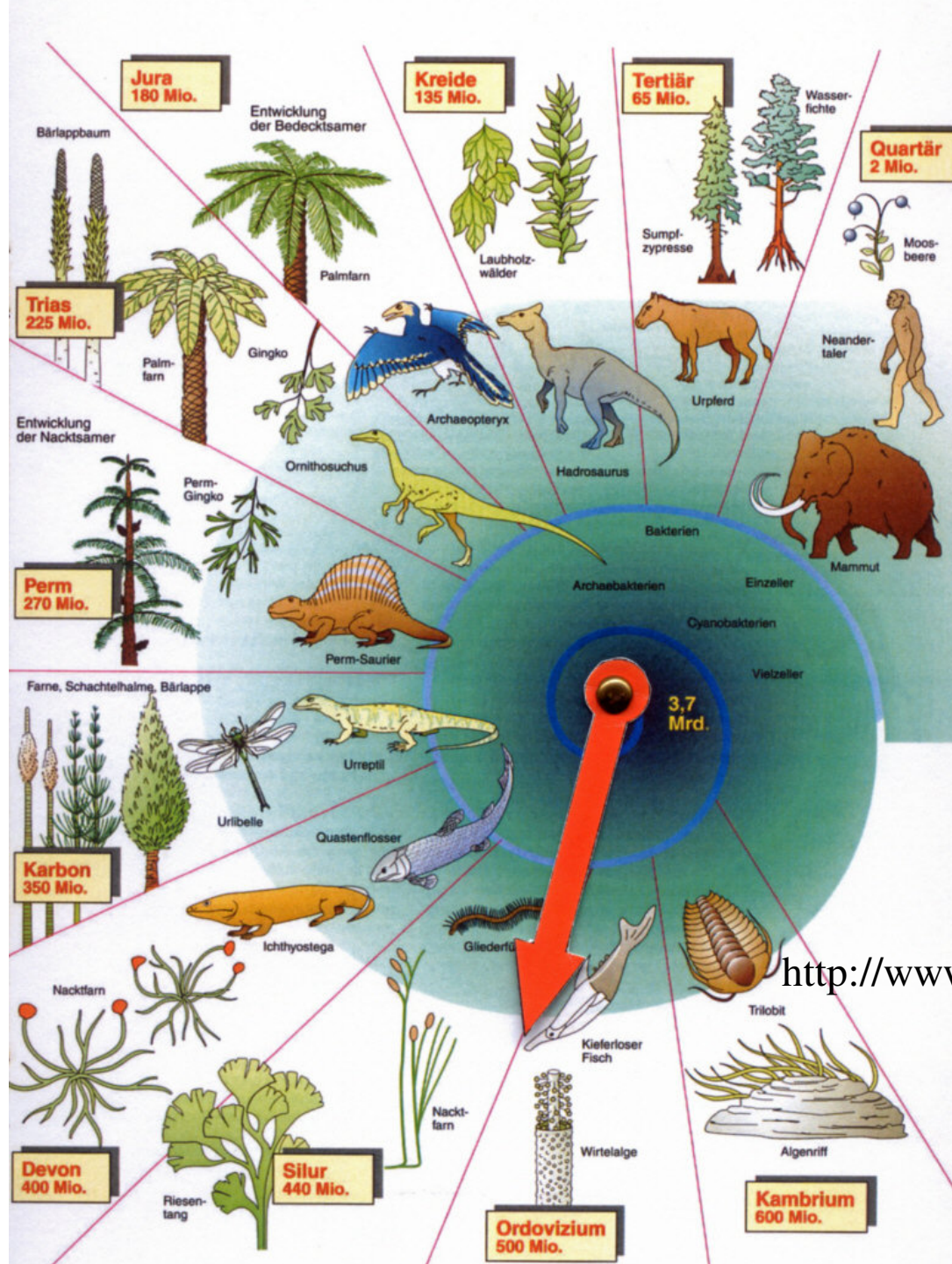
Da es noch **keine größeren Pflanzenfresser** gibt breiten sich große Wälder aus. Moose, Urfarne, Bärlappgewächse und auch die Vorläufer der Nacktsamer (Nadelgewächse) sind zu finden.

Vor 400 Mio. war das Land mit üppiger Vegetation bedeckt, Tausendfüßler entwickelten einfache Lungen und eine Haut die vor Austrocknung schützte. Auch Skorpione und andere Spinnentiere gehören zu den ersten dauerhaft landlebenden Tieren.



Am Ende des Devon traten in den ausgedehnten Sümpfen auch **erste Amphibien** treten auf, so z.B. der Ichtyostega (s. Bild). Dieser wird als Brückentier zwischen Fischen und Amphibien verstanden.





<http://www.sauti.de/index.htm>

Das Karbon: Insekten und Steinkohlewälder

359 -299 Mio. Jahre

Neben den Insekten treten erste Reptilien auf. Typischer Vertreter war die Panzerlurch, bis 3 m groß.

Auch die Insekten konnten riesige Formen bilden, es sind Libellen mit 70 cm Flügelspannweite überliefert.

Lepidodendrales (Bärlappgewächse), Schachtelhalme und Farne

- Im Unterschied zu heutigen Bäumen diente das Holz nicht als Stütze, sondern zur Wasserführung, die Rinde übernahm die Stützfunktion, und stabilisierten die Pflanze. Die Wurzeln waren verzweigte Sprosse, die auf tellerförmigen Stützen ruhten, und so der Pflanze die notwendige Stabilität gaben.

Durch die Photosynthese stieg der Sauerstoffgehalt der Luft. Im Karbon max. ca. 35% Sättigung. Dies wiederum begünstigte den Riesenwuchs von Insekten, Spinnentieren und anderen.



Das Karbon: Insekten und Steinkohlewälder

359 -299 Mio. Jahre

Neben den Insekten treten erste Reptilien auf. Typischer Vertreter war die Panzerlurch, bis 3 m groß.

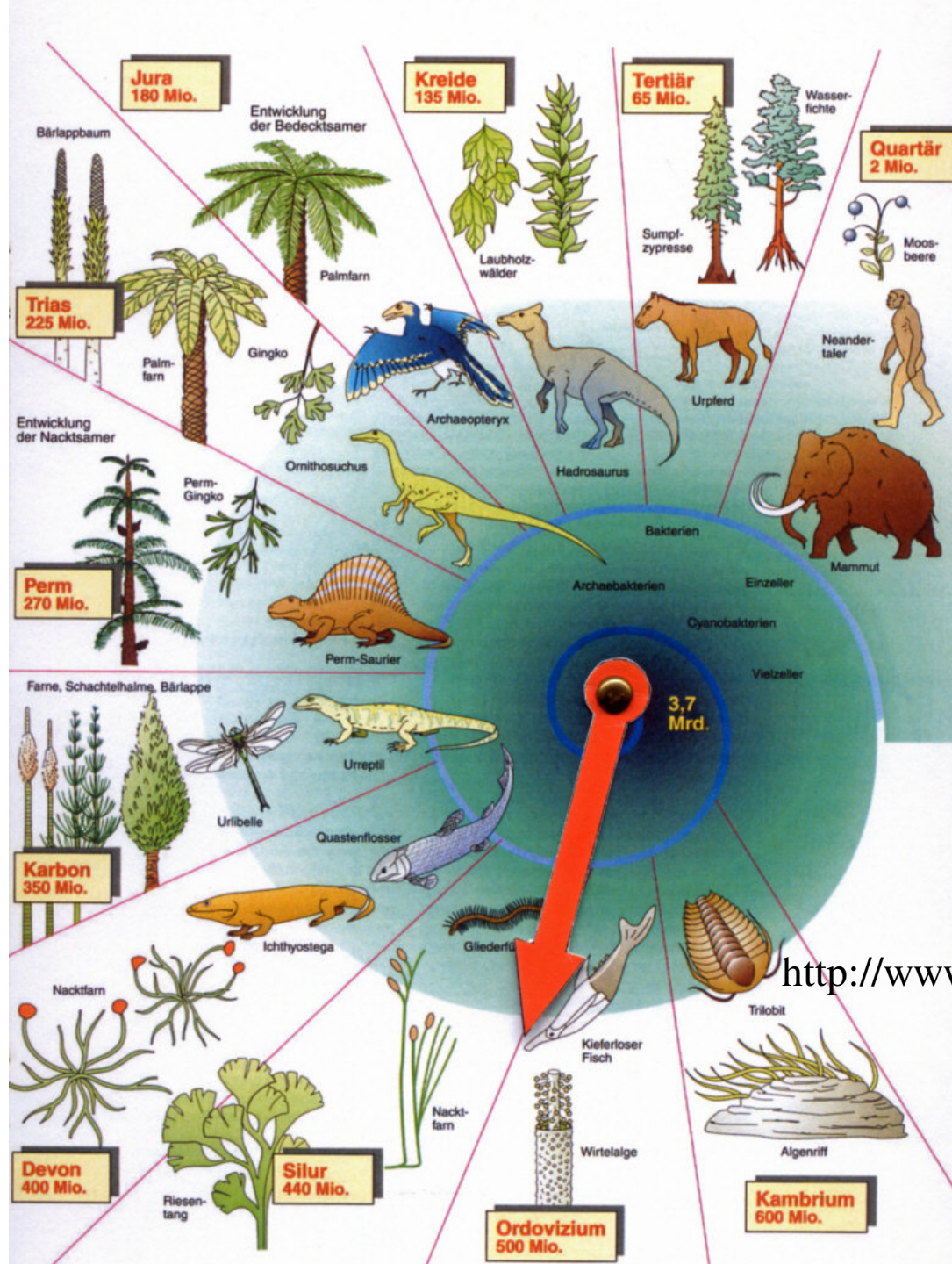
Auch die Insekten konnten riesige Formen bilden, es sind Libellen mit 70 cm Flügelspannweite überliefert.

Lepidodendrales (Bärlappgewächse), Schachtelhalme und Farne

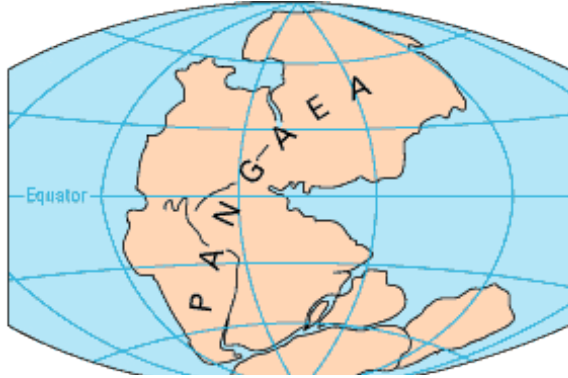
- Im Unterschied zu heutigen Bäumen diente das Holz nicht als Stütze, sondern zur Wasserführung, die Rinde übernahm die Stützfunktion, und stabilisierten die Pflanze. Die Wurzeln waren verzweigte Sprosse, die auf tellerförmigen Stützen ruhten, und so der Pflanze die notwendige Stabilität gaben.

Durch die Photosynthese stieg der Sauerstoffgehalt der Luft. Im Karbon max. ca. 35% Sättigung. Dies wiederum begünstigte den Riesenwuchs von Insekten, Spinnentieren und anderen.





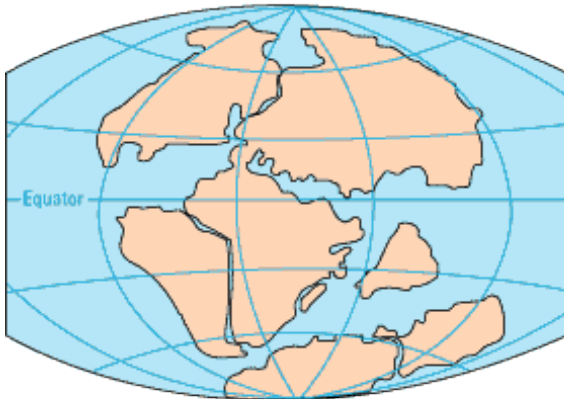
<http://www.sauti.de/index.htm>



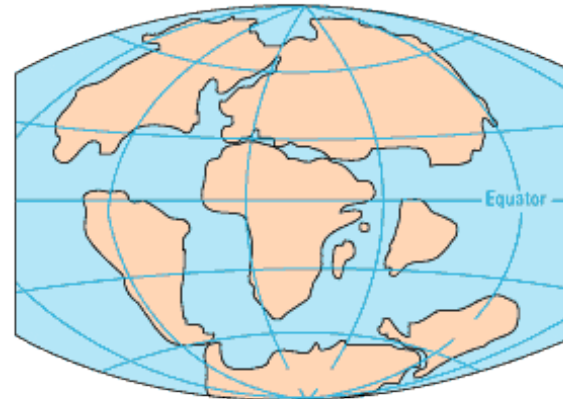
Perm
endet vor 240 Mio Jahren



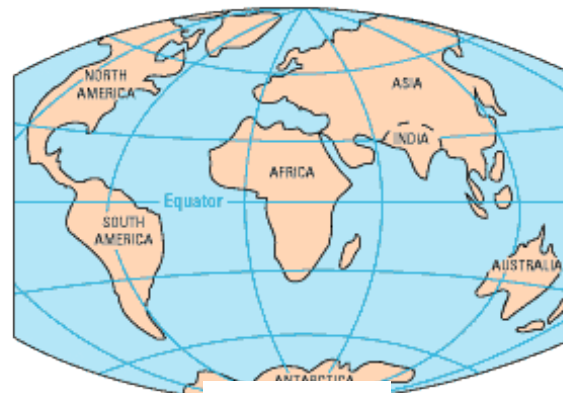
Trias
endet vor 210 Mio Jahren



Jura
endet vor 145 Mio Jahren

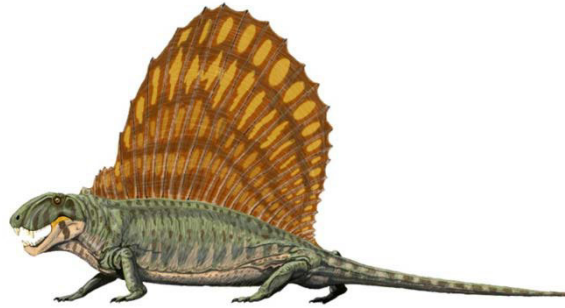


Kreide
endet vor 70 Mio Jahren



Jetztzeit

Das Perm:



299 – 251 Mio. Jahre

Die Kontinente bilden den Großkontinent Pangea. Das Klima auf der Erde wird trocken und heiß.

Reptilien sind die dominierende Gruppe. **Reptilien entwickelten sich aus Amphibien** und besetzen die Nischen: trockene Orte.

Überlebensstrategie: **Miniaturozeane in wasserdichten Eihüllen.**

Echsen waren dabei, das Land zu dominieren, aber etwas stand dem im Wege: infolge der Luft- und Wasser dichten Haut fällt Atmen schwer, Echsen atmen indem sie Brust ausdehnen und zusammen ziehen. Der ausladende Echsengang ist ihren Vorfahren geschuldet. Dabei wird der Brustkorb gedrückt und sie können nicht richtig atmen-siemüssen die Luft zeitweise anhalten.



An Land erscheinen die **ersten Koniferen**. Nadelhölzer (Coniferales) werden weltweit immer häufiger. Gut an die Trockenheit angepasste Ginkgo-Pflanzen entstehen. **Samenpflanzen** setzen sich gegen die Sporenpflanzen durch.

Das Perm endet mit einem der **gewaltigsten Massenaussterben** der Erdgeschichte.

Über 50% der marinen Wirbellosen,
75% aller Amphibien sowie
80% der Reptilien sterben aus.

Nur die Landpflanzen blieben verschont. Als Ursache vermutet man u.a. die zunehmende Vereisung der Pole und damit Veränderung des Klimas

Das Mesozoikum (Erdmittelalter)

Zusammenfassung von

Trias 251 – 200 Mio. Jahre,

Jura 200 – 145 Mio. Jahre

und Kreide 145 – 65 Mio. Jahre

- **Zeit der großen Dinosaurier**

- Charakteristische Meerestiere: Die Ammoniten und Belemniten

Das Mesozoikum dauerte etwa **180 Millionen** Jahre und endete zeitgleich mit einem gewaltigen Meteoriteneinschlag bei Yucatán in Mexico, der die Erde für Jahre verdunkelt haben muss.

Die Dinosaurier und Ammoniten starben etwa zeitgleich vor 66 Millionen Jahren aus, der Einschlag des Meteoriten war wahrscheinlich nicht die Ursache.

Die Trias:

251 – 200 Mio. Jahre

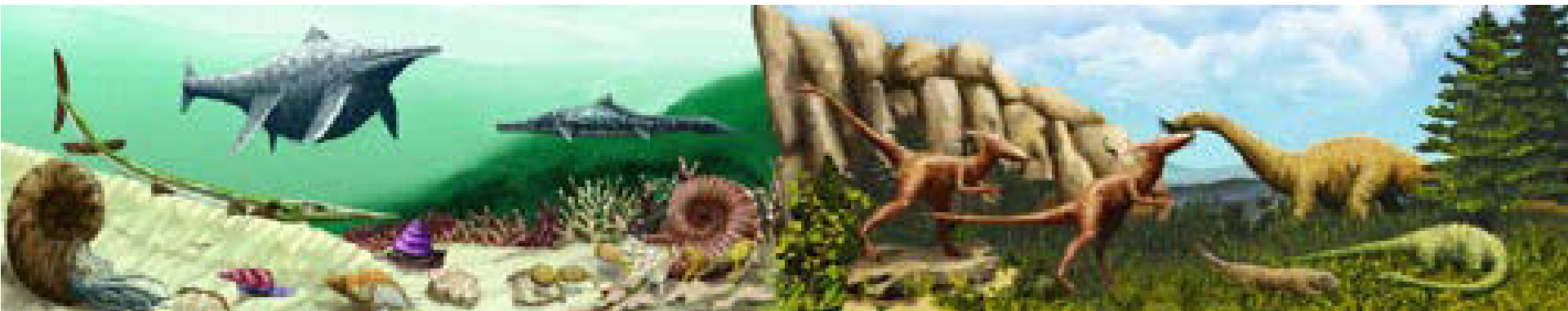
Der Name Trias leitet sich ab aus der litho-stratigraphischen Dreiteilung der Erdperiode: 1) Buntsandstein 2) Muschelkalk 3) Keuper

Fauna: erste Dinosaurier

Marines Leben: Muscheln in großer Zahl, Brachiopoden, Ammoniten und Seelilien.

Flora: Palmfarne, Koniferen, Ginko-Gewächse und Farnkräuter.

Das Klima während der Trias war heiß und trocken.



Das Jura:



200 – 145 Mio. Jahre

Neben einer sehr vielfältigen Krebs- und Fischwelt erscheinen die **ersten Vögel** - wobei die **Flugsaurier noch die Lüfte beherrschten**.

Die Vorfahren der Krokodile entwickelten längere und kräftigere Beine. Körper bleibt beim Gehen gerade. Sie können rennen und atmen. Das bedeutete den Fortschritt, der die große Vielfalt ermöglichte. Heute sind die Krokodile vorwiegend im Wasser.

Vor 200 Mio. Jahren gaben die Vorfahren der Krokodile einen gewaltigen Impuls: die Dinosaurier dominierten die Erde. In deren Schatten lebten kleine Säuger.



Die Kreide:

145 – 65 Mio. Jahre

Die Welt der **Ammoniten und Dinosaurier** lebt noch einmal richtig auf.

Zu Beginn der Kreidezeit erscheinen die **ersten Blütenpflanzen**.

In den letzten 50 Millionen Jahren der Kreidezeit dominierten sie auf der Erde. Dadurch wurden die **ökologischen Zusammenhänge grundlegend geändert**, da nun eine Nahrungskette mit Insekten, Vögeln und kleinen Säugetieren entstand. **Dies beeinflusste die Evolution wesentlich**. So entstand eine riesige Anzahl verschiedener Spezies.

Am Ende der Kreidezeit starb die Hälfte aller Spezies auf der Erde aus. Ca. 80-90 % aller marinen Arten wurden ausgelöscht. An Land starben 56% aller Arten, 100% der Dinosaurier und 10% der höheren Pflanzen. Man vermutet als Grund starken Vulkanismus und zuletzt auch den Meteoriteneinschlag von Yukatan.





Halbinsel von Yukatan

Das Neozoikum

= Zusammenfassung von „Tertiär“ (Neogen/Paläogen) und Quartär

Im Neozoikum wird das Landleben von Blütenpflanzen, Vögeln und Säugetieren dominiert.

Das „Tertiär“

65 – 2,5 Mio. Jahre

Seit 2008 Bezeichnung: Neogen/ Paläogen

Die Saurier-Urwelt wird abgelöst von Säugetieren, die sich nun über den Planeten ausbreiten. Beide Gruppen der modernen Huftiere, die Paarhufer und Unpaarhufer wurden zu den beherrschenden Säugetieren dieser Ära.

Gegen Ende seit 5 Mio. Jahren entwickelt sich der Mensch

Die Blütenpflanzen dominieren jetzt die gesamte Pflanzenwelt.
Einzig die Gräser entstehen neu.



Exklusivmerkmale der Säugetiere sind

- die drei Gehörknöchelchen Hammer (Malleus), Amboss (Incus) und Steigbügel (Stapes). Diese befinden sich im Mittelohr, sie nehmen die Schwingungen des Trommelfells auf und leiten sie an das ovale Fenster des Innenohres weiter.
- das Säugen der Jungtiere mit Milch,
- Das Zwerchfell, einen flächigen Muskel, der Brust- und Bauchhöhle voneinander trennt.
- Nur Säugetiere haben in ihren Nieren Henlesche Schleifen, wodurch sie als einzige Tiergruppe zur Rückresorption von Wasser aus dem Primärharn fähig sind.
- Säugetiere haben, zusammen mit den Vögeln, einen doppelten Blutkreislauf, einen Lungen- und einen Körperkreislauf. Das Herz ist in vier Kammern, zwei Vorhöfe und zwei Hauptkammern, unterteilt.



Eine kleine Linie warmblütiger Dinos entwickelte sich zu Vögeln.

Das Überleben dieser Linie verdanken sie ihren Federn: sie schützen sie vor Hitze und Kälte, sie ermöglichen das Fliegen.

Das „Quartär“ - Zeitalter der Eiszeiten

2,5 Mio. Jahre - heute

Viele Säugetiere wie das Mammut und die Säbelzahnkatzen starben aus.

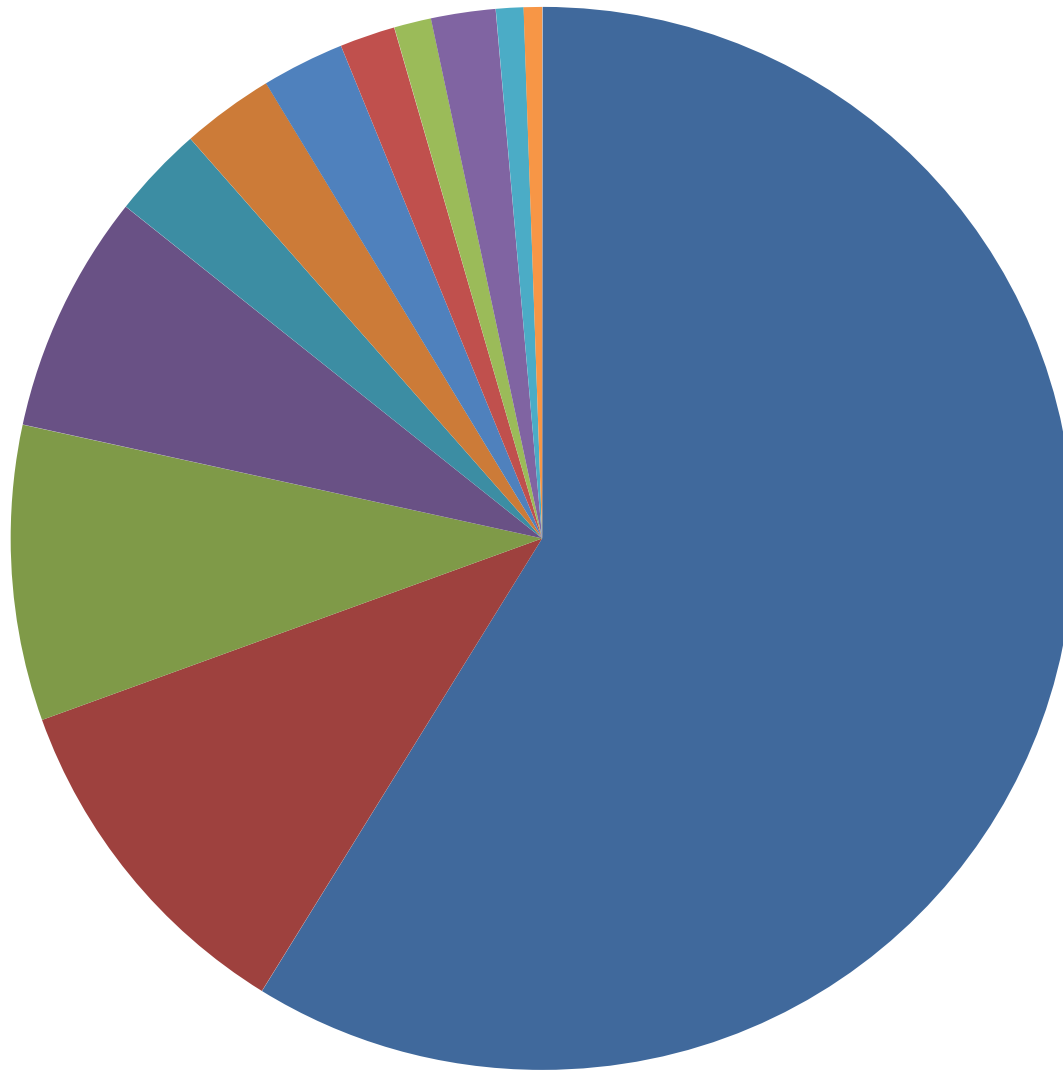
Die bedeutendste biologische Entwicklung war das Auftreten der Art Homo. Die Spezies Homo sapiens, zu der alle modernen Menschen gehören, entwickelte sich im mittleren Pleistozän vor 400 000 Jahren.



„Zusammenfassung“:



Murmelgruppenaufgabe Zuordnung der Organismen zur Artenfülle



Auswahl Insekten

Pilze

Spinnentiere

Vieren

Bakterien

Algen

Fadenwürmer

Moose und Höhere Pflanzen

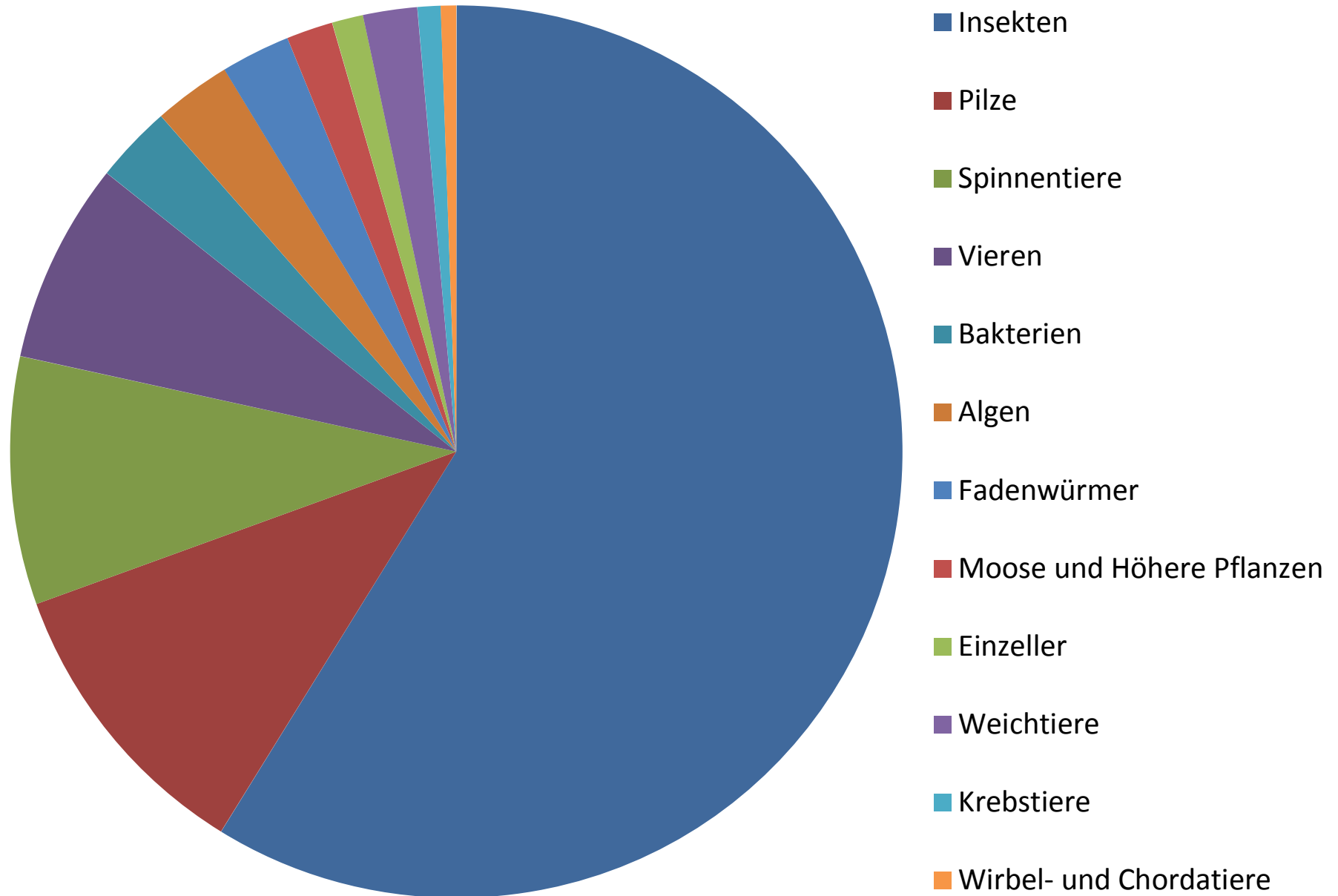
Einzeller

Weichtiere

Krebstiere

Wirbel- und Chordatiere

Murmelgruppenaufgabe Zuordnung der Organismen zur Artenfülle



Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



Evolution der Insekten

04.11.2013 Dr. Oliver Schwarz

Evolution der Insekten

Ein Kriterium für den Erfolg der Insekten ist die schiere Zahl oder die riesige Biomasse.

Sie bevölkern alle Lebensräume auf den Festland, von den Polkappen abgesehen.

Mit atemberaubender Spezialisierung besetzen die Insekten kleinste Nischen - oder sie machen den Menschen Konkurrenz bei der Bildung ganzer Staaten (z.B. Ameisen)



Quelle: Science.orf



Quelle: Käferatlas-Die Ameisen



Quelle: Fairfax County Public Schools-Pond

Wie lässt sich die Vielfalt der Insekten erklären?

Dreisprung der Insektenentwicklung:

"Die Insekten haben sich in einem Dreisprung von einer unbedeutenden Randerscheinung zur artenreichsten Tiergruppe überhaupt entwickelt"

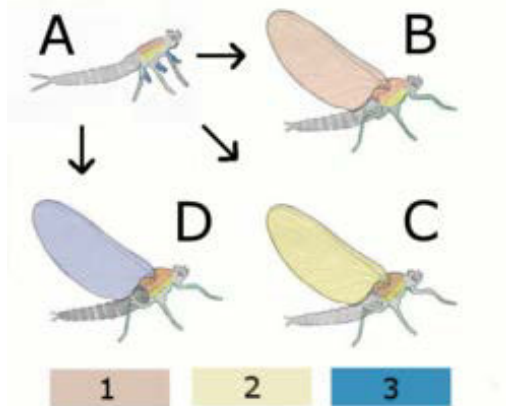
- 1. Erdaltertum** hätten die Krabbeltiere keine Rolle gespielt. Ein reichhaltiges Meeresleben stand wenigen einfachen Lebensformen auf dem Festland gegenüber. Etwa vor **420 Millionen Jahren** haben die Vorfahren der Insekten den Sprung an Land geschafft. Daraus haben sich viele Möglichkeiten ergeben. Die Insekten waren aber immer noch äußerst artenarm.



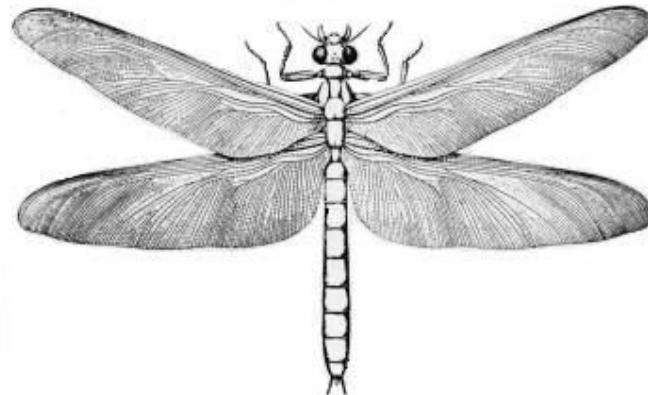
Quelle: DPA in Tagesspiegel, 20.7.2011

2. Ein Aufschwung, aber noch nicht der Durchbruch: Weitgehender gelang war der zweite Sprung vor etwa **350 Millionen Jahren**: Die Ausbildung von Flügeln im **Zeitalter des Karbon**. Relativ schnell entwickelten sich gigantische Fluginsekten

Die Flügel bildeten sich als komplexe Organe heraus. Sie hatten auch raffinierte Sensoren, etwa zur Messung des Luftstroms.



Quelle: Wikipedia-Flügel (Insekt)



Quelle: Wikipedia-Meganeura

3. Der Durchbruch kam erst im Erdmittelalter vor **125 Millionen Jahren**: Blütenpflanzen verbreiteten sich über die Erde. Die Insekten profitierten von der reichhaltigen Nahrung und spezialisierten sich auf einzelne Pflanzen. Diese **Co-Evolution** führte zu einer Explosion der Arten.

Die fossilen Nachweise der ersten Insekten sind nicht zahlreich. Aber schon aus der Zeit von vor etwa 140 Millionen Jahren stehen Wissenschaftlern **Bernsteine** zur Verfügung.



Quelle: www.fossilien.de-Bersteine

Wie viele Insektenarten kennen wir und wie viele gibt es (geschätzt)?

Schätzungen gehen von **2 bis zu 8 Millionen nicht bekannten lebenden Insektenarten** aus.

Erst 2 Millionen Arten sind bekannt.

Eine Gefahr sei besonders die Zerstörung des Regenwaldes: **32 000 Hektar Regenwald werden am Tag abgeholzt**. Es sind unsere artenreichsten Lebensräume, die da kaputt gemacht werden.

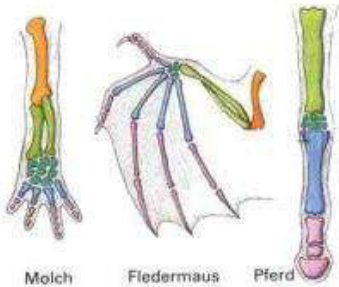


Quelle: mother nature network, 9.8.2013



Quelle: www.faszination-regenwald.de-Zerstörung

Neue Verwandtschaftsverhältnisse dank Molekularsystematik



Quelle: www.sauti.de-Evolution

Um Arten abzugrenzen und Verwandtschaften zu erkennen, haben Biologen über Jahrhunderte

das Äußere (**Morphologie**) und Innere (**Anatomie**) eines Organismus analysiert. Auch die

embryonale Entwicklung (**Ontogenie**) gab wertvolle Hinweise. Die Darstellung der Verwandtschaftsverhältnisse nennt man **Systematik**.

Der weltweit größte Stammbaum basierend auf morphologischen, anatomischen, ontogenetischen Merkmalen entsteht in Stuttgart

Link:



Quelle: www.deacademic.com

Eine der großen Überraschungen durch die Molekularsystematik ergab sich bei den Walen

Quelle: Wikipedia-Wale



Der Wal habe sich als naher Verwandter des Flusspferdes entpuppt.

Optisch ähneln Flusspferde eher Schweinen als Pferden. Molekularbiologisch stimmen sie aber auffällig mit Walen überein.

Die Fossilfunde haben ergeben, dass die wasserliebenden Vorfahren der Flusspferde und Wale vor mehr als 50 Millionen Jahren gelebt und sich dann in zwei Gruppen geteilt haben:



die frühen Wale -> wandten sich dem Wasser zu

Quelle: tier-fotos.eu

Die andere Gruppe waren schweineähnliche Tiere (*Anthracotheriidae*), die sich während der folgenden über 40 Millionen Jahre hinweg in mindestens 37 verschiedene Gattungen teilten.

Vor etwa zwei Millionen Jahren sind diese ausgestorben. Nur die beiden einzigen überlebenden Nachfahren sind das Nilpferd und das Zwergflusspferd.



Quelle: Wikipedia-Pferde

Wer war der Stammvater der Insekten?

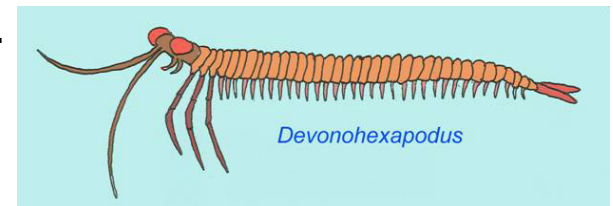


Quelle: Wikipedia-Krebstiere

so glaubte man früher, dass die weiter entfernte Herkunft der sechsfüßigen Insekten unter **landlebenden und tracheenatmenden Tausendfüßlerv Verwandten des Silur und Devon** zu finden gewesen seien. In der Zwischenzeit hat sich jedoch durch Erbgutuntersuchungen sowie neue Erkenntnisse aus der vergleichenden Anatomie und Embryologie gezeigt, dass die nächsten Verwandten der Insekten nicht die Tausendfüßer, sondern die **Krebstiere** sind.

-> Insekten sind somit landlebende, abgewandelte Krebse (ähnlich wie die Asseln, aber nicht näher mit diesen verwandt) und stammen ursprünglich (also noch vor dem Landgang) von einer **meereslebenden, krebstierartigen Ahnenform ab, die vermutlich im Silur lebte.**

Vor einigen Jahren wurde mit *Devonohexapodus bocksbergensis* ein solches marines (vermeintliches) Proto-Insekt aus den unterdevonischen Hunsrückschiefern von Bundenbach beschrieben.



Quelle: bio.sunyorange.edu

Das älteste vollständig bekannte fossile Insekt der Welt

Das älteste vollständig bekannte fossile Insekt ist der Springschwanz *Rhyniella praecursor* aus den unterdevonischen (396-407 Millionen Jahre) Hornsteinen von Rhynie in Schottland.

Reste von etwas moderneren, flügellosen Insekten, wie z. B. Felsenspringern und Silberfischchen, wurden in etwas jüngeren devonischen (390 Millionen Jahre) Schichten von Gaspé Bay/Quebec in Kanada und dem Oberdevon (379 Millionen Jahre) von Gilboa/New York in Nordamerika gefunden, sind aber teilweise in ihrer Deutung noch umstritten.



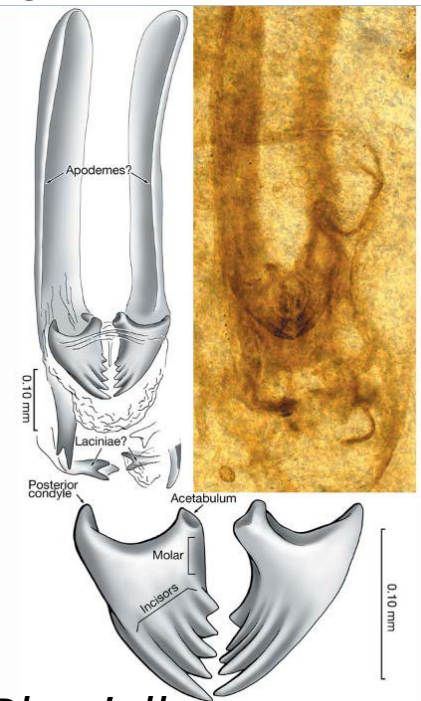
Collembola



Springschwanz



Silberfischchen



Rhyniella praecursor

dogmatische Glaubenssysteme (Kreationisten) versus Evolutionstheorien

die Unsicherheit ihrer Thesen von Evolutionsforschern werden von Kreationisten (Anhänger der biblischen Schöpfungsgeschichte) vorgeworfen.

Gerade die Unsicherheit erlaubt falsche Hypothesen früher oder später durch kritische Überprüfung zu erkennen und zu verwerfen.

kein Kreationist konnte aber ein vernünftiges Kriterium nennen, bei dessen Erfüllung er seinen Glauben revidieren und die Evolutionstheorie als plausible Erklärung akzeptieren würde

Aufgabe: Welche theoretisch denkbaren Umstände gäbe es, die die Evolutionstheorie ins Wanken bringen könnten?



Quelle: Scinexx: Sixtinsiche Kapelle: Erschaffung von Adam



Quelle: www.allgemeinbildung.ch

Recherchearbeit 1

Darstellung und Diskussion der Argumente und Belege der kreationistischen Schöpfungssage

Murmelgruppen-Aufgabe: Welche Vorteile bietet das Erlangen von Flugvermögen?

leichtere Suche nach Nahrung und Geschlechtspartnern,
erfolgreichere Fluchtvermögen vor Fressfeinden,
bessere Durchmischung des Genpools durch höhere Mobilität,
Erleichterung der Suche nach geeigneten Lebensräumen, wenn es zu einer Verschlechterung der Bedingungen im Heimatlebensraum kommt.

Aus welchen Vorläuferorganen entstanden die Insektenflügel?

und auf welche Weise das Flugvermögen der Insekten evolvierte, ist unter Fachleuten noch immer eines der umstrittensten Themen in der Evolutionsgeschichte der Insekten.

Laut der üblichen Lehrbuchauffassung sind die Flügel aus **tragflächenartigen Verbreiterungen der Rückenschilder der Brustsegmente** hervorgegangen und dienten anfangs nur dem Gleitflug oder dem fallschirmartigen Abbremsen von Sprüngen. (analog soll der Vogelflügel und der Fledermausflügel aus dem Gleitflug entstanden sein; **Archaeopteryx als Brückentier**, s. Foto)

Für diese These spricht insbesondere die Embryonalentwicklung heutiger Fluginsekten.

Eine alternative Theorie besagt, dass Flügel ursprünglich **kiemenartige Beinhangsstrukturen** waren, wie sie heute noch am Hinterleib der wasserlebenden Eintagsfliegenlarven zu finden sind.



P R E S S E M I T T E I L U N G

Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart

19.07.2011

Spektakuläre Neuentdeckung durch Wissenschaftler des Staatlichen Museums für Naturkunde Stuttgart liefert neue Hinweise zur Insektenevolution:

Die Chimärenflügler – eine neue fossile Insektenordnung.

Stuttgart. Wissenschaftler des Naturkundemuseums Stuttgart waren federführend bei der Entdeckung einer neuen Insektenordnung aus der unteren Kreidezeit Südamerikas. Die Aufsehen erregenden Fossilien wurden von ihren Entdeckern Coxoplectoptera bzw. Chimärenflügler genannt. Diese rätselhaften, 120 Mio. Jahre alten Fossilien liefern neue Hinweise zur Insektenevolution. Die Ergebnisse werden in einer Sonderausgabe der Fachzeitschrift *Insect Systematics & Evolution* publiziert.

Superlative der Insektenentwicklung

Meganeura monyi, ein libellenähnliches Insekt

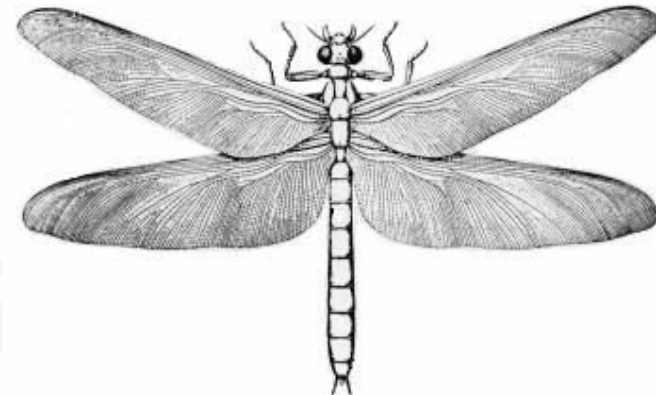
- **Karbonzeit** (Steinkohlezeit) vor etwa 300 Millionen Jahren
- Flügelspannweite von etwa 60 Zentimeter,

75 cm Spannweite hatte jedoch die mit ihr verwandte Riesenlibellenart *Meganeuropsis permiana* aus dem **Unteren Perm (ca. 280 Mio. J.)** von Nordamerika,

war das größte bekannte Insekt aller Zeiten war.



Quelle: Freunde des naturhistorischen Museums-
Die Evolution der Insekten, 14.3.2012



Quelle: Wikipedia-Meganeura



Heute lebende (rezente) Insekten:

Quelle: www.eversostrange.com-Thysania agrippina

Bis zu 32 cm Flügelspannweite hat die brasilianische Rieseneule *Thysania agrippina*, ein Nachtschmetterling (s. Bild)

Bis zu 30 cm Flügelspannweite hat der *Atlas-Seidenspinner*, auch ein Nachtschmetterling

Bis zu 28 cm Flügelspannweite weist der Vogelfalter *Ornithoptera alexandrae* aus Papua-Neuguinea auf, ein der größte Tagsschmetterling

Flügelspannweite von etwa max. 16 cm erreicht *Petalura ingentissima* aus Australien als **schwerste lebende Libelle** (Unterordnung der Großlibellen (= Anisoptera)).

Webseite der Universität von Florida zu den größten lebenden Insekten:

<http://ufbir.ifas.ufl.edu/chap30.htm>

Gründe für Riesenwuchs?

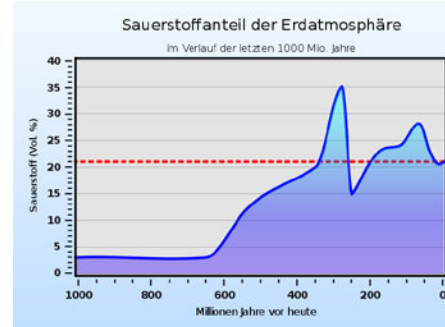
Quelle: Planet Wissen-
Der aktivste Vulkan der Welt-der Kilauea



höheren Sauerstoffgehalt zur damaligen Zeit (geologisch nachweisbar):

Sauerstoffkonzentrationen:

- Karbon 35 %,
- Mittel-Perm 25 %,
- Ober-Perm 12-15 %,
- Trias 18 %,
- heute 21 %



Quelle: Wikipedia-Erdatmosphäre

Sie verschwanden dann zum Oberperm, als es durch eine globale Klimakatastrophe zu einem extrem geringen Sauerstoffgehalt der Atmosphäre kam, der **vor 252 Millionen** Jahren zu einem der größten Massenaussterben der Erdgeschichte führte, in dessen Verlauf damals 75 % aller Landtierarten und über 90 % aller Meerestierarten ausstarben.

Diese Katastrophe wurde vermutlich verursacht durch den gigantischen Vulkanismus der sibirischen Flutbasalte, welcher über den Treibhauseffekt einer nachhaltigen Klimaerwärmung führte, die wiederum die gefrorenen **Methanhydrat-Vorkommen am Meeresboden freisetzte**, welche durch Oxidation den atmosphärischen Sauerstoff verbrauchten.

Aus welchem anderen Grund sind nie wieder so große Insekten entstanden?

weil es seit der Trias fleischfressende, fliegende Wirbeltiere, zuerst Flugsaurier, dann später Vögel und zuletzt die Fledermäuse gab, welche die Nische besetzen und die Lücke für solche trägen Rieseninsekten viel zu unsicher machten.



Quelle: virtuelle-schule.net-
Wirbeltierevolution



Quelle: SDA in 20 Minuten, 25.10.2006



Quelle: www.emskopp.de -Fledermaus

Das ewige Wettrüsten zwischen Räuber und Beute

Gepard -> Gazelle:

Co-Evolution, beides die schnellsten Läufern

Gepard schneller im geradlinigen Laufen

Gazellen hervorragend schnell und wendig,

Hörner nach vorne gekrümmt -> Verteidigung



Quelle: hobbywood-style.de-
Gazelle und Gepard



Vor Feinden sicher verstecken

Quelle: Forum für Naturfotographen-
Grüne Baumpython



Quelle: www.fotocommunity.de –
Krokodil in Chobe, Botswana

Australische Seeadler jagen Flughunde,

In Baummitte ist es am sichersten, aber Baumphytons kommen dort gut hin.

Deshalb hängen sie über den Randästen knapp über dem Wasser

Problem: wenn Wasser steigt, dann kommen Krokodile hin.



Quelle: www.fotocommunity.de-
Seeadler in Australien



Quelle: www.die-tierseite.de - Flughunde



Flucht in Größe und Masse

Quelle: Duden - Elefant

Groß genug sein, um alles fressen zu können, und zu groß, um selbst gefressen zu werden.

Die Urahnen der Elefanten waren wesentlich kleiner und fielen Raubkatzen zu,m Opfer,

Statt zu fliehen, wurden sie größer.

Aber: Größe hat ihren Preis: es kostet viele Energie und Kraft so viel Masse zu bewegen.



Quelle: scienceticker.info –
Ur-Elefanten lebten am Wasser,
14.4.2008

Fresschutz „on demand“

Kaulquappen des nordamerikanischen Baumfrosches nutzt alle Energie heran zu wachsen. Die K. sind behäbig.

Wenn aber Feinde im Teich, dann werden durch austretende Körpersäfte Gene der überlebenden K. aktiviert -> wachsen schneller und bilden große und rote Schwänze aus, das sie schneller macht („Verteidigungsmodus“) Nachteil: es dauert länger bis sie sich zum Frosch entwickeln.



Quelle: Aquamax –
Kaulquappen der Erdkröte Bufo bufo, 10.5.2009

Entwicklung der Räuber-Beute Systeme



Quelle: Wikipedia-Seeanemonen

Quallen schwammen bis Plankton an ihren Tentakeln hängen bleiben,
Seeanemonen sammeln auf dem Meeresboden Nahrung in ähnlicher Weise

Dann: Auftreten von gut sehenden gut strukturierten Körpern (Kiefer,
Flossen, Greiforganen, Augen), die gezielt jagen konnten.

-> Gegenreaktion: Muscheln mit Schalen, Schuppen Dornen



Quelle: Wikipedia-Qualle



Quelle: DAPD in National Geographic
Deutschland, 18.06.2012



Quelle: Wikipedia-Venuskammschnecke

Nachteile von Panzerung



Quelle: www.manandmollusc.net – Chambered Nautilus



Quelle: Wikipedia – Gemeine Strandkrabbe

Geringere Beweglichkeit

Substitution der Panzer: bessere Sinnesorgane um den Feind früher zu erkennen,

Schnellere Fortbewegungsorgane, um schneller fliehen zu können.

-> das Kambrium: Wiege Komplexer Tiere: Triumph des Lebens

Ammoniten*: waren 100 Mio. Jahre lang die unangefochtenen erfolgreichen Räubers. Dann trat ein bis dato unbekannter Räuber auf, dessen Kiefer die Schale knacken konnte.

Nur in den tiefsten tiefen konnte Nautilus als letzter Verwandte überleben (seit 300 Mio. Jahr nahezu unveränderte Anatomie)

Quelle: www.medienwerkstatt-online.de – Riesenammonit-Fossil des Jahres 2008





Quelle: DAPD in die Welt, 18.5.11

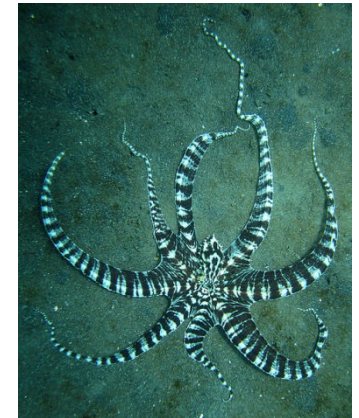
Die Fische brachten dann eine immense Vielfalt hervor und beherrschten denn die Meere.

Und das bis der Tintenfisch, ein Verwandter der Ammoniten, der die Schale abgeworfen hat, trat dann in flachgewässern auf –seine hohe Schnelligkeit ermöglicht Jagt und Flucht.

Der Oktopus/die Krake nutzt die perfekte Tarnung

Der Mimikoktopus miemt giftige Seeschlangen nach, um Fische /Feinde ab zu halten.

Hypnose durch wechselnde Musterbildung auf der Haut.



Quelle: Wikipedia –
Thaumoctopus mimicus

Vorlesung – Bionik in die Medizintechnik

Evolution der Insekten

Ausführliche Links der genannten Quellen:

<http://sciencev1.orf.at/science/news/131330>

http://www.kaeferatlas.de/~ka21/f+j/fj_ameisenbau.htm

<http://www.fcps.edu/islandcreekes/ecology/pond.htm>

<http://www.tagesspiegel.de/wissen/neue-insekten-aus-kreidezeit-entdeckt-fossilien-klaerenevolution-voninsektenfluegeln/4411168.html>

http://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%BCgel_%28Insekt%29

<http://de.wikipedia.org/wiki/Meganeura>

<http://www.fossilien.de/seiten/bernstein/bernsteine.htm>

Ausführliche Links der genannten Quellen:

<http://www.mnn.com/earth-matters/animals/stories/how-insect-soup-dna-could-help-conservation-efforts>

<http://www.faszination-regenwald.de/info-center/zerstoerung/>

<http://www.sauti.de/evolution.html>

http://de.academic.ru/pictures/dewiki/66/Baer_embryos.png

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wale>

<http://www.tier-fotos.eu/name/tier-bild/7552/kategorie/Paarhufer~Flusspferde~Flusspferde.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Pferde>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Krebstiere>

http://bio.sunyorange.edu/updated2/THINKING_EVOLUTION/prehistoric/pl2/insects2.htm

<http://www.scinexx.de/dossier-368-1.html>

http://www.allgemeinbildung.ch/fach=bio/Evolution_02a.htm

Ausführliche Links der genannten Quellen:

<http://freunde.nhm-wien.ac.at/aktivitaeten/vortraege.html>

<http://www.eversostrange.com/2011/12/21/the-white-witch-moth/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Erdatmosphäre>

http://www.planet-wissen.de/laender_leute/usa/hawaii/vulkane.jsp

http://virtuelle-schule.net/net2/bcnt/tests/nt_wirbevol_6bd_2007_quiz.htm

<http://www.20min.ch/print/story/24960075>

<http://www.emskopp.de/?p=3391>

<http://hobbywood-style.de/wandbilderliste.html>

<https://naturfotografen-forum.de/o263290-Gr%C3%BCne%20Baumpython>

<http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/26034573>

<http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/10365385>

<http://die-tierseite.de/2010/10/flughunde/>

<http://www.scienceticker.info/2008/04/15/ur-elefanten-lebten-am-wasser/>

Ausführliche Links der genannten Quellen:

<http://aquamax-weblog.blogspot.de/2009/05/fotos-des-tages-kaulquappen-der.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Qualle>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Venuskammschnecke>

<http://www.nationalgeographic.de/aktuelles/wissenswert-wie-kommt-das-rauschen-in-die-muscheln>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Seeanemonen>

http://www.manandmollusc.net/Shell_photos/nautilus_pompilus.html

http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=15756

http://de.wikipedia.org/wiki/Gemeine_Strandkrabbe

http://de.wikipedia.org/wiki/Thaumoctopus_mimicus

Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



Evolution der Insekten

04.11.2013 Dr. Oliver Schwarz

Der Begriff „Bionik“ -1

Der englische Begriff **bionics** wurde vom Amerikaner Jack E. Steele 1960 auf einem Kongress in Dayton (Wright Air Development Division), Ohio, geprägt.

Titel des Kongresses: „Living prototypes – the key to new technology“

Thema des Kongresses waren Neuronale Verarbeitung, BioComputer, Sensorik, die Verbesserung des Radars durch das biologische Sonar der Fledermäuse.

Der Begriff **Bionics entstand entweder aus den Worten biology und technology oder (eher) aus „Biology“ und „Electronics“**



J. E. Steele (1924-2009)
<http://www.ilasting.com/jacksteele.php>

Der Begriff „Bionik“ -2

- **bionic** [Engl.] = the construction of body parts (prostheses) , more generally combination of biology and electronics (“Cyborg”)
- -> d.h. überall wo Elektronik eingesetzt wird, um natürliches Bewegungsverhalten hervor zu rufen, wird bionic verwendet (z.B. aktive Prothesen, Robotik)
- **biomimetic** [Engl.] = **Bionisch** [Germ.] = to transfer natural phenomena into technological applications. Biomimetics uses the specialized optimizations of organisms developed in millions of years of evolution

Biomimetic [Engl.] wird synonym mit **Biomimikry** [Engl.] verwendet, Im Deutschen hat **Biomimikry** und **Biomimese** eine andere Bedeutung

Der Begriff „Bionik“ - 3

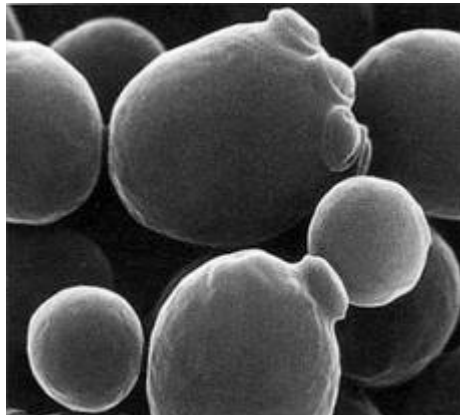
Biotechnologie (Biotechnik):

Steht für mikrobiologische, molekularbiologische sowie biochemische Inhalte. Nutzung von Lebewesen für die Produktion von Stoffen.

Abgrenzung zur Bionik: Lebewesen sind Ideengeber für technische Umsetzung, dienen aber nicht als Erzeuger von bionischen Produkten.



Quellen: kworkquark.desy.de



eilpflanzen-katalog.de



onmeda.de

Beispiele für „bionics“ (1)



Quelle: Max Planck Gesellschaft [1]



Quelle: GLOBAL FUTURE 2045 CONGRESS [2]

Beispiele für „bionics“ (2)

Browser navigation bar: Chronik, Lesezeichen, Extras, Hilfe

Address bar: /?pageid=12703

Search bar: bionic prostheses

Navigation bar: PROSTHETICS, BRACING AND SUPPORTS, CUSTOMER SERVICE, ÖSSUR ACADEMY, ABOUT ÖSSUR

Breadcrumb: Össur » Prosthetics » Bionic Technology » POWER KNEE

Social sharing: Like, 6, Send

Bionic Technology

- + SYMBIONIC LEG
- + PROPRIO FOOT
- + RHEO KNEE
- POWER KNEE**

Design

User Stories

Technology

Specifications

About Bionic Technology

POWER KNEE™



Power • Safety • Endurance
Unprecedented function and performance

The world's first and only active prosthesis for above-knee amputees, this highly intelligent knee works as an integrated extension of the user, replacing true muscle activity to bend and straighten the knee as required.

- Provides the power to help maintain walking speeds.
- Assists with the upward motion required for stairs and inclines.
- Learns and responds to unique patterns of gait for natural, efficient motion.

Össur
6,096 people like Össur.



Discuss the options available to you with your local prosthetist or call



"Going up-hill with the POWER KNEE is fantastic. I can definitely feel the power of the knee. It makes me feel like a Power Woman!"

[Read Beate Bakermans's story.](#)

Beispiele für „bionics“ (3)

chronik Lesezeichen Extras Hilfe

n/?PageID=12702

Google GMX - Mein GMX Aktuelle Nachrichten Meistbesucht ELKA abfragen Mozilla%20Firefox.Ink

Össur Americas (change)

Life Without Limitations®

PROSTHETICS BRACING AND SUPPORTS CUSTOMER SERVICE ÖSSUR ACADEMY ABOUT ÖSSUR

Össur » Prosthetics » Bionic Technology » RHEO KNEE

Bionic Technology

- + SYMBIONIC LEG
- + PROPRIO FOOT
- RHEO KNEE**

- Design
- User Stories
- Technology
- Specifications

+ POWER KNEE

About Bionic Technology

RHEO KNEE

Security • Adaptability • Freedom

The most adaptable solution of its kind

This is a knee so smart, it adapts automatically to individual walking styles and different environments, continuously learning and improving its response over time.

- Fast enough to help prevent a fall.
- Smart enough to tackle slopes and stairs.
- Adaptable enough to respond to all life's little hurdles.

Discuss the options available to you with your local prosthetist or call Össur Customer Service today for more information.

"I'm thoroughly enjoying my retirement. I don't have that fear of falling with the RHEO. It adapts to me – I don't have to adapt to it."

[Dave Leeka's story \(on video\)](#)

Proven results

A new study published in Germany^{ref. 1} explores the



Beispiele für „bionics“ (4)

Mozilla Firefox
Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

www.ossur.com/?PageID=12704

InnoMonitor: Alle New... CPH-Hotels Weihnach... Google GMX GMX - Mein GMX Aktuelle Nachrichten Meistbesucht ELKA abfragen Mozilla%20Firefox.Ink

Bionic Technology
+ SYMBIONIC LEG
= PROPRIO FOOT
Design
User Stories
Technology
Specifications
+ RHEO KNEE
+ POWER KNEE
About Bionic Technology

PROPRIO FOOT

Powered • Adaptive • Natural
Because the world is not flat

The new PROPRIO FOOT features:

- Powered ankle motion.
- Intelligent terrain adaptation.
- Natural function.

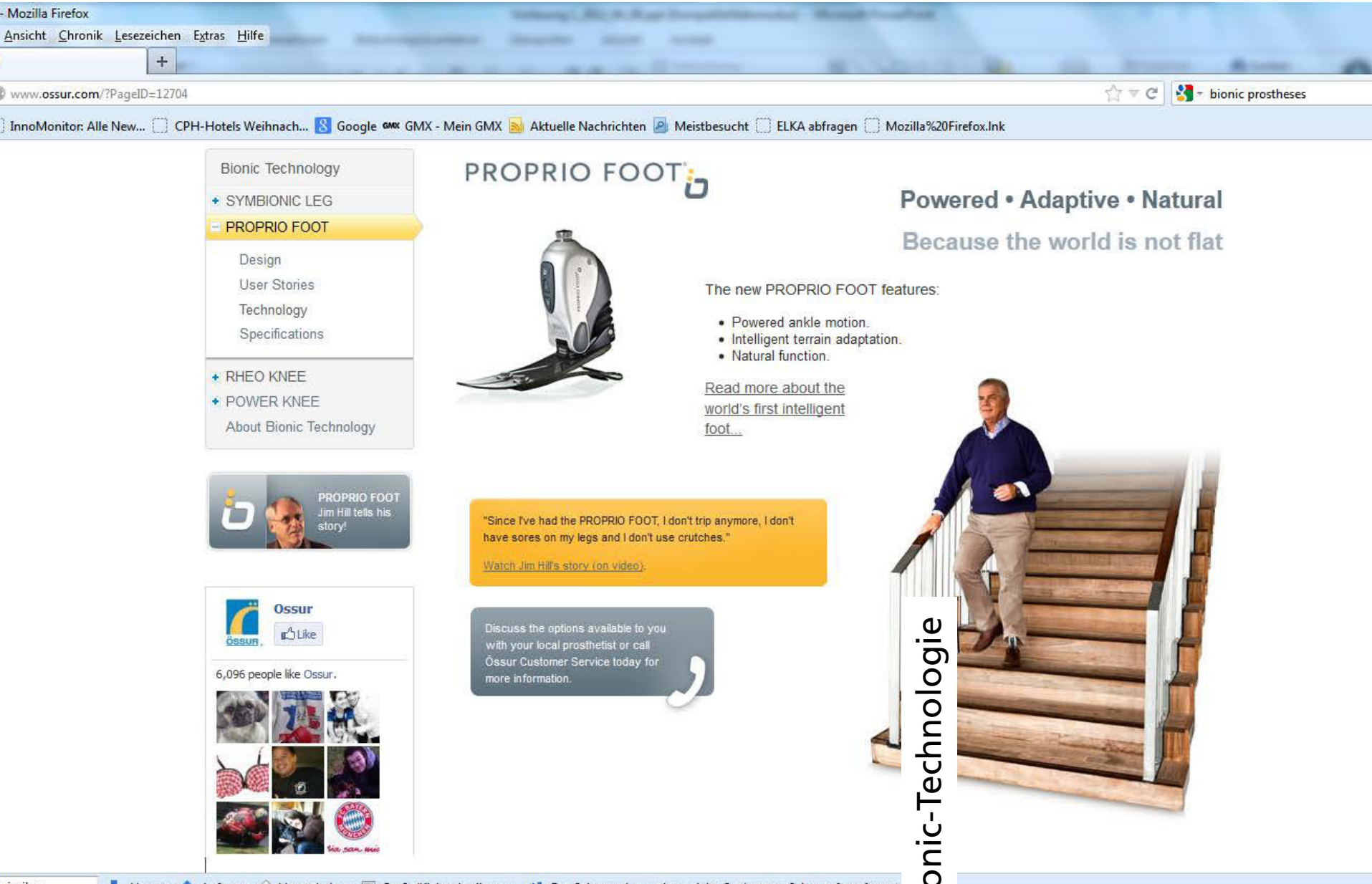
[Read more about the world's first intelligent foot...](#)

Since I've had the PROPRIO FOOT, I don't trip anymore, I don't have sores on my legs and I don't use crutches.
[Watch Jim Hill's story \(on video\).](#)

Discuss the options available to you with your local prosthetist or call Össur Customer Service today for more information.

Össur
Like
6,096 people like Össur.

Bionic-Technologie



Exkurs: Mimiky



Mimikry bedeutet also, dass eine harmlose Art die Gestalt, die Farbe oder auch die Bewegung einer giftigen, ungenießbaren oder wehrhaften Art nachahmt. Dieser Art wird "Batesische Mimikry" genannt.

"Müllersche Mimikry" hingegen liegt vor, wenn mehrere wehrhafte oder ungenießbare Wesen eine ähnliche Musterung zeigen.

Peckham'sche Mimikry beschreibt, dass andere Arten angelockt werden.

Exkurs Mimese



Mimese bedeutet also, dass ein Tier die Gestalt, Farbe und Haltung eines Teils seines Lebensraumes nachmacht

Definition „Bionik“ 1

Die erste Definition von Steele:

„Die Bionik entwickelt Systeme, deren Funktion natürlichen Systemen nachgebildet ist, die natürlichen Systemen in charakteristischen Eigenschaften gleichen und ihnen analog sind.“

Mit dieser Definition des Arbeitsgebietes war die Bionik als richtige Wissenschaft ins Leben gerufen.

Definition 2

Lucien Gérardin in „Natur als Vorbild“ (1972):

„Die Bionik ist die Kunst, technische Probleme durch Kenntnis natürlicher Systeme zu lösen.“

Definition 3

VDI 6220 (Entwurf)

Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel

durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnen wurden, technische Fragestellungen zu lösen.

Definition 4

Thomas Speck:

Umsetzen der Erkenntnisse aus der Biologie in technische Anwendungen,

Keine direkte Übertragung, sondern ein kreatives Umsetzen in die Technik,
d.h. ein durch die Natur angeregtes „Neuerfinden“

Umsetzung in die Technik in der Regel über mehrere Abstraktions- und
Modifikationsschritte.

Definition 4

Ingo Rechenberg:

„Technische Nutzung von Resultaten der biologischen Evolution.“

-> merken Sie sich diese bitte!

Quellenangaben

Quelle Max Planck Gesellschaft [1]

http://www.google.de/imgres?client=firefox-a&hs=xFX&sa=X&rls=org.mozilla:de:official&biw=933&bih=425&tbm=isch&tbnid=2sII5FDCA4DtWM:&imgrefurl=http://tuebingen.mpg.de/startseite/detail/was-sagen-uns-hirnwellen-ueber-die-funktion-der-hirnzellen.html&docid=h77QW8CBFrCA1M&imgurl=http://tuebingen.mpg.de/uploads/RTEmagi cP_EEG2_2009_01.jpg&w=1704&h=2272&ei=UXSbUuv3LY2lyQPc-4G4BA&zoom=1&iact=rc&dur=711&page=1&tbnh=139&tbnw=101&start=0&ndsp=10&ved=1t:429,r:6,s:0,i:108&tx=54&ty=81

Quelle: GLOBAL FUTURE 2045 CONGRESS [2]

<http://www.google.de/imgres?client=firefox-a&hs=TIX&sa=X&rls=org.mozilla:de:official&biw=933&bih=425&tbm=isch&tbnid=hZne34WcyPYXLM:&imgrefurl=http://gf2045.com/bionic-arm-man/&docid=BQCaT-YjJlNePM&imgurl=http://www.cg4tv.com/GF2045/images/bionic-arm-man-wb.jpg&w=642&h=382&ei=7XSbUuKqElbiywP-IIKgBA&zoom=1&iact=rc&dur=270&page=1&tbnh=143&tbnw=241&start=0&ndsp=10&ved=1t:429,r:7,s:0,i:107&tx=109&ty=72>

Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



Evolutionäre Algorithmen

18.11.2013 Dr. Oliver Schwarz

Evolutionäre Algorithmen

Überblick

Hauptrichtungen bei den evolutionären Algorithmen sind:

Evolutionary Programming (EP)

Evolutionsstrategie (ES)

Genetic Algorithms (GA)

Genetic Programming (GP)

Bionik

Technische Nutzung von Resultaten der biologischen Evolution (Rechenberg).

Evolutionsstrategie

Anwendung der "Optimierungsmethode" der Biologie bei der Optimierung technischer Systeme.

Nachahmung der biologischen Evolution

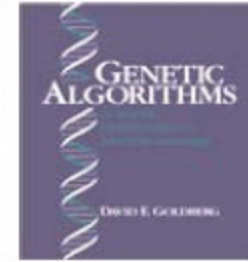
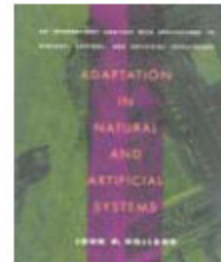
Evolutionary programming

(Lawrence Fogel, David Fogel)



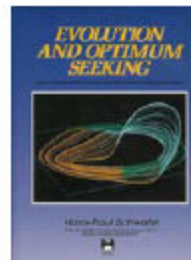
Genetic Algorithms

(John Holland, David E. Goldberg)



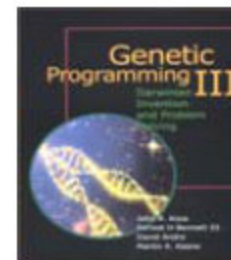
Evolutionsstrategie

(Ingo Rechenberg, Hans-Paul Schwefel)



Genetic Programming

(John Koza, Wolfgang Banzhaf)



Evolutionary programming

(Lawrence Fogel, David Fogel)



Genetic Algorithms

(John Holland, David E. Goldberg)



Evolutionsstrategie

(Ingo Rechenberg, Hans-Paul Schwefel)



Genetic Programming

(John Koza, Wolfgang Banzhaf)



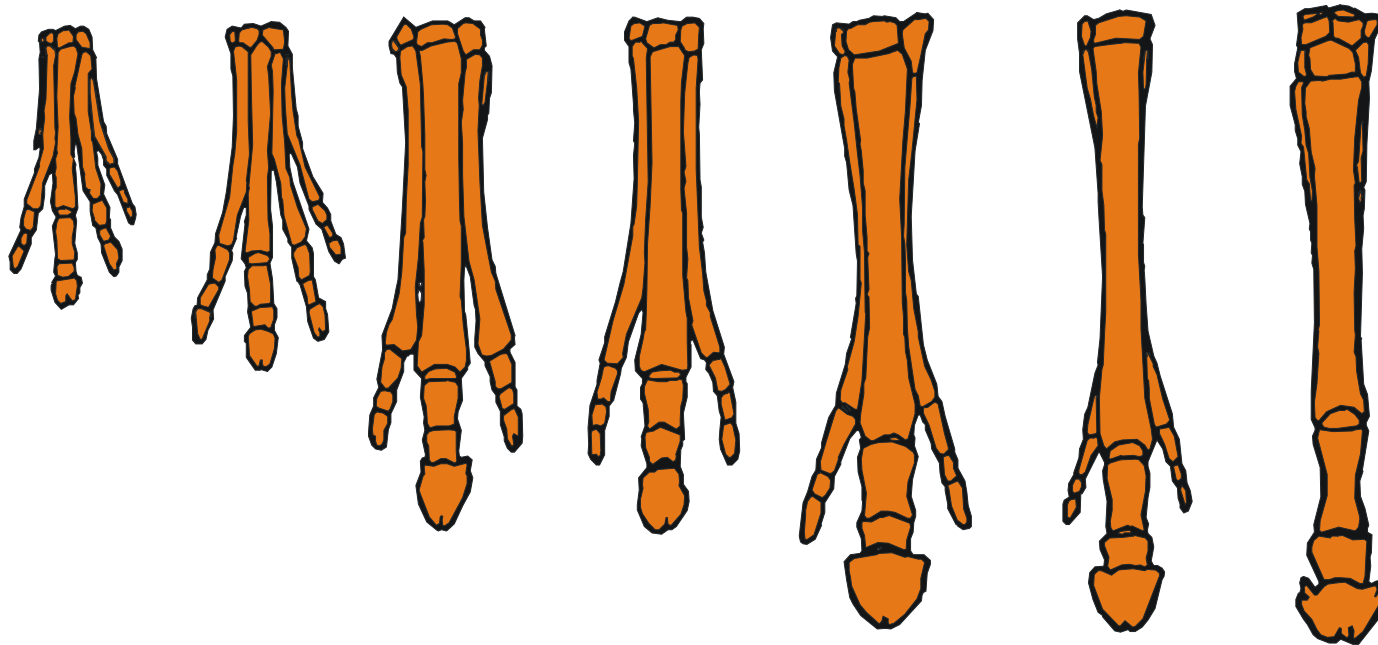
Vater der Evolutionstheorie

Methode der Fortpflanzung

- Variation
- Selektion
- Sexuelle Fortpflanzung
- Polygenie und Pleiotropie
- Wirkung einzelner Gene
- Isolation



Charles Darwin



Evolution des Pferdefußes

Vom Eohippus zum Equus (60 Millionen Jahre)

Es gibt eine universelle Weltordnung

Kausalität

Gleiche Ursache, gleiche Wirkung

Schwache Kausalität

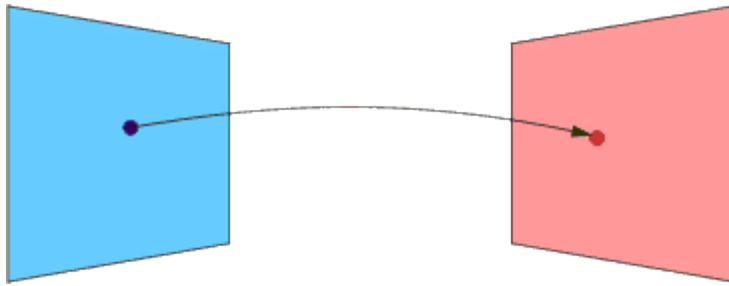
Kleine Ursachenänderung, große Wirkungsänderung

Starke Kausalität

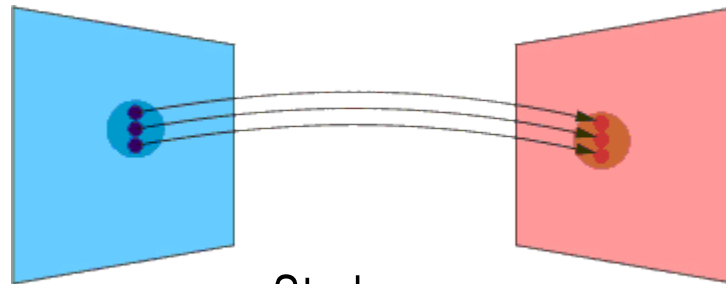
Kleine Ursachenänderung, kleine Wirkungsänderung

!

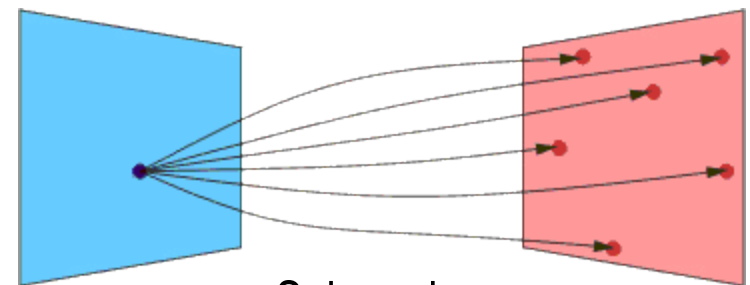
ähnliche Ursachen haben stets ähnliche Wirkungen zur Folge



Kausalität

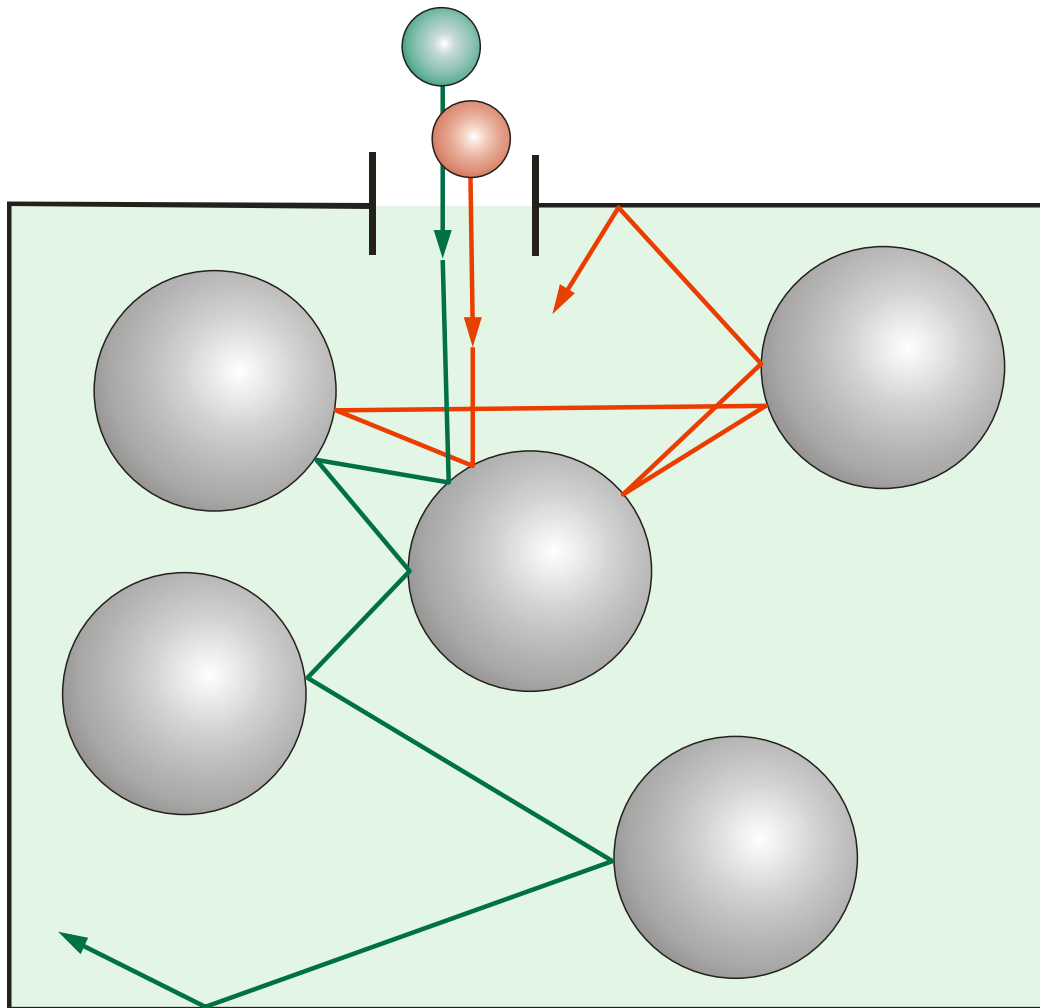


Starke
Kausalität



Schwache
Kausalität

Billard-

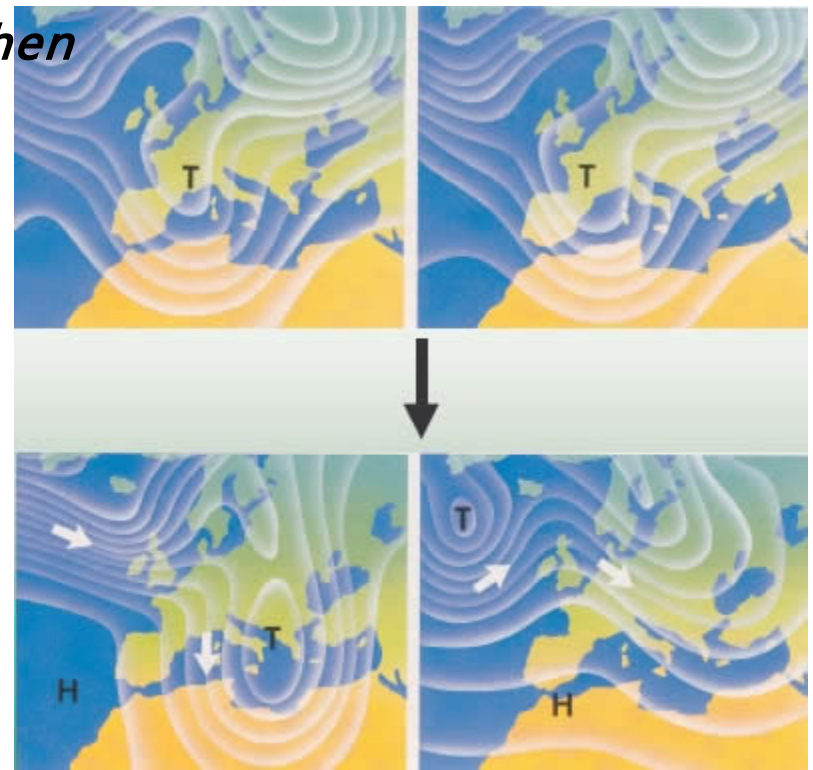


Beispiel für
Schwache Kausalität

Schmetterlingseffekt

Der Schlag eines Schmetterlingsflügels
im Amazonas-Urwald kann einen Orkan in Europa auslösen.

Man spricht hier vom *deterministischen
Chaos*.



Universität Regensburg Naturwissenschaftliche Fakultät II

Logistische Gleichung

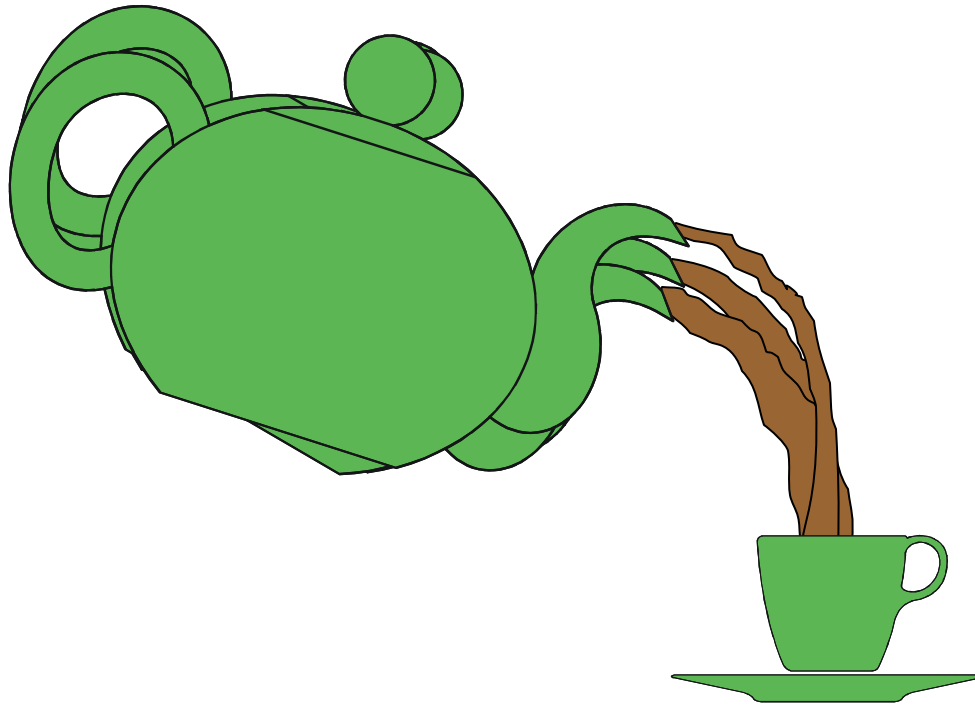
$$x_{n+1} = 4 \cdot x_n (1 - x_n)$$

$$x_0 = 0,300000 \quad x_{20} = 0,941785$$

$$x_0 = 0,300001 \quad x_{20} = 0,003313$$

$$x_0 = 0,300002 \quad x_{20} = 0,672075$$

Schwache Kausalität



Starke Kausalität

Normales Verhalten der Welt

Fragen vor Beginn einer Optimierung



- Was will ich optimieren, welches ist mein
- Optimierungsziel?
- Gibt es mehrere Optimierungsziele? Welche Ziele sind mir dann am wichtigsten?
- Wie kann ich an meinem Optimierungsobjekt Veränderungen durchführen?
- Sind die Änderungen
- stark kausal?
- Wie kann ein variiertes Objekt (effizient) bewertet werden?
- Habe ich meinem Modell genügend Freiheiten
- gegeben, um auch Innovationen erhalten zu können?

Exkurs: Formulierung einer Wunschfunktion

(= Qualitätsfunktion) durch den

Entwicklungsingenieur

1. Stufe: 2 ℓ -Motor maximaler Leistung.

Ergebnis Motor verbraucht Unmengen Benzin.

Formulierung einer Wunschfunktion (= Qualitätsfunktion) durch den entwickelnden Ingenieur

1. Stufe: 2 ℓ -Motor maximaler Leistung.
Ergebnis Motor verbraucht Unmengen Benzin.
2. Stufe: 2 ℓ -Motor maximaler Leistung pro verbrauchtem Liter Benzin.
Ergebnis: Motor wiegt 1 Tonne.
3. Stufe: 2 ℓ -Motor maximaler Leistung pro verbrauchtem Liter Benzin mit minimalem Gewicht.
Ergebnis: Motor fällt nach 100 Betriebsstunden auseinander.
4. Stufe: 2 ℓ -Motor maximaler Leistung pro verbrauchtem Liter Benzin mit minimalem Gewicht und vorgegebener Lebensdauer.

Was hat die Starke Kausalität
mit der Evolutionsstrategie zu tun ?



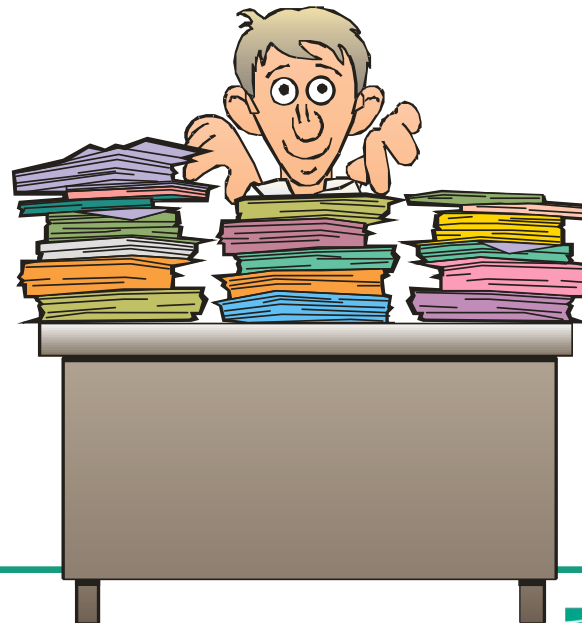
Die Suche nach einem Dokument

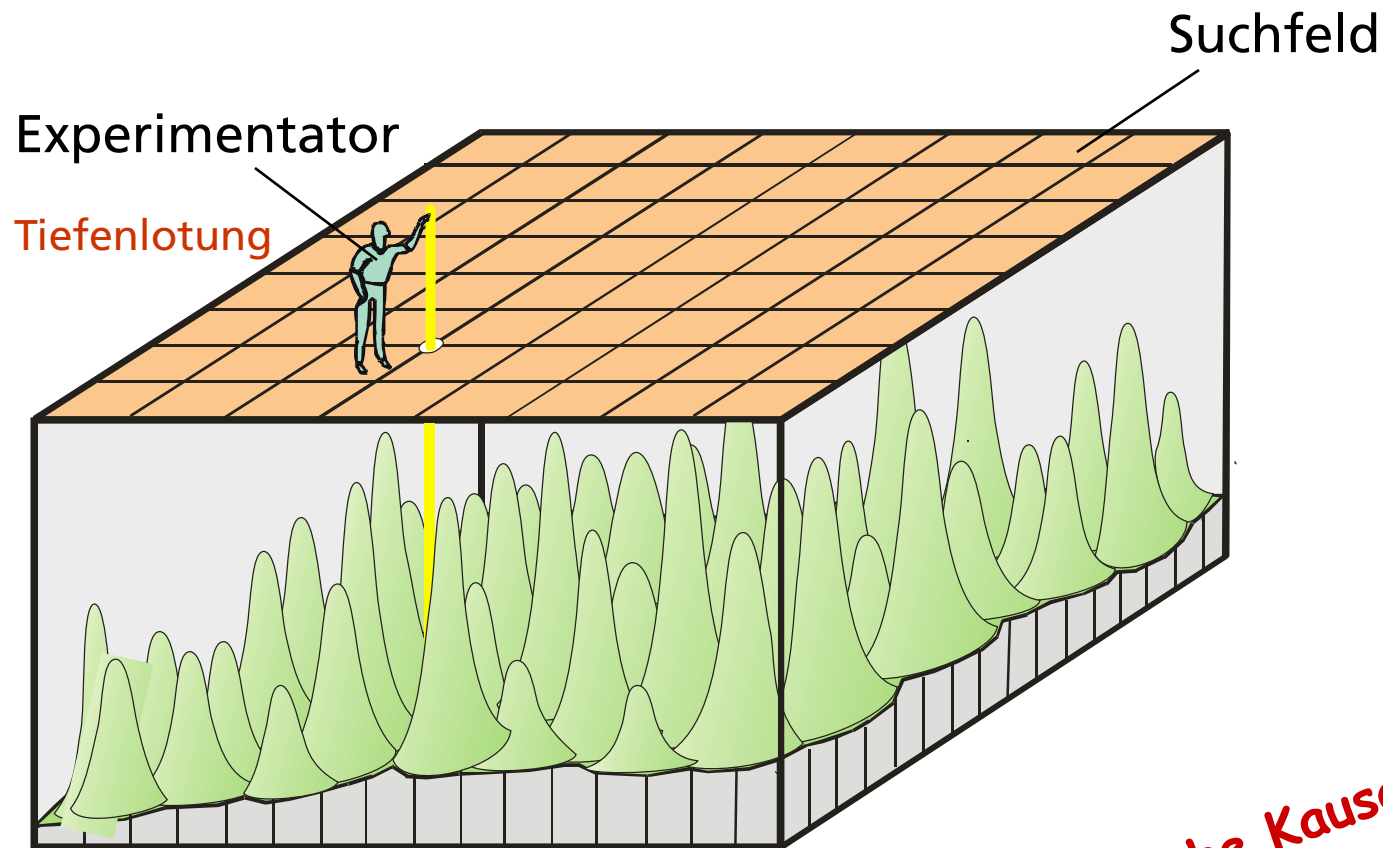
Eine Suchstrategie ist nutzlos
in einer chaotischen Welt

Eine Suchstrategie funktioniert nur
in einer geordneten Welt

oder anders ausgedrückt:

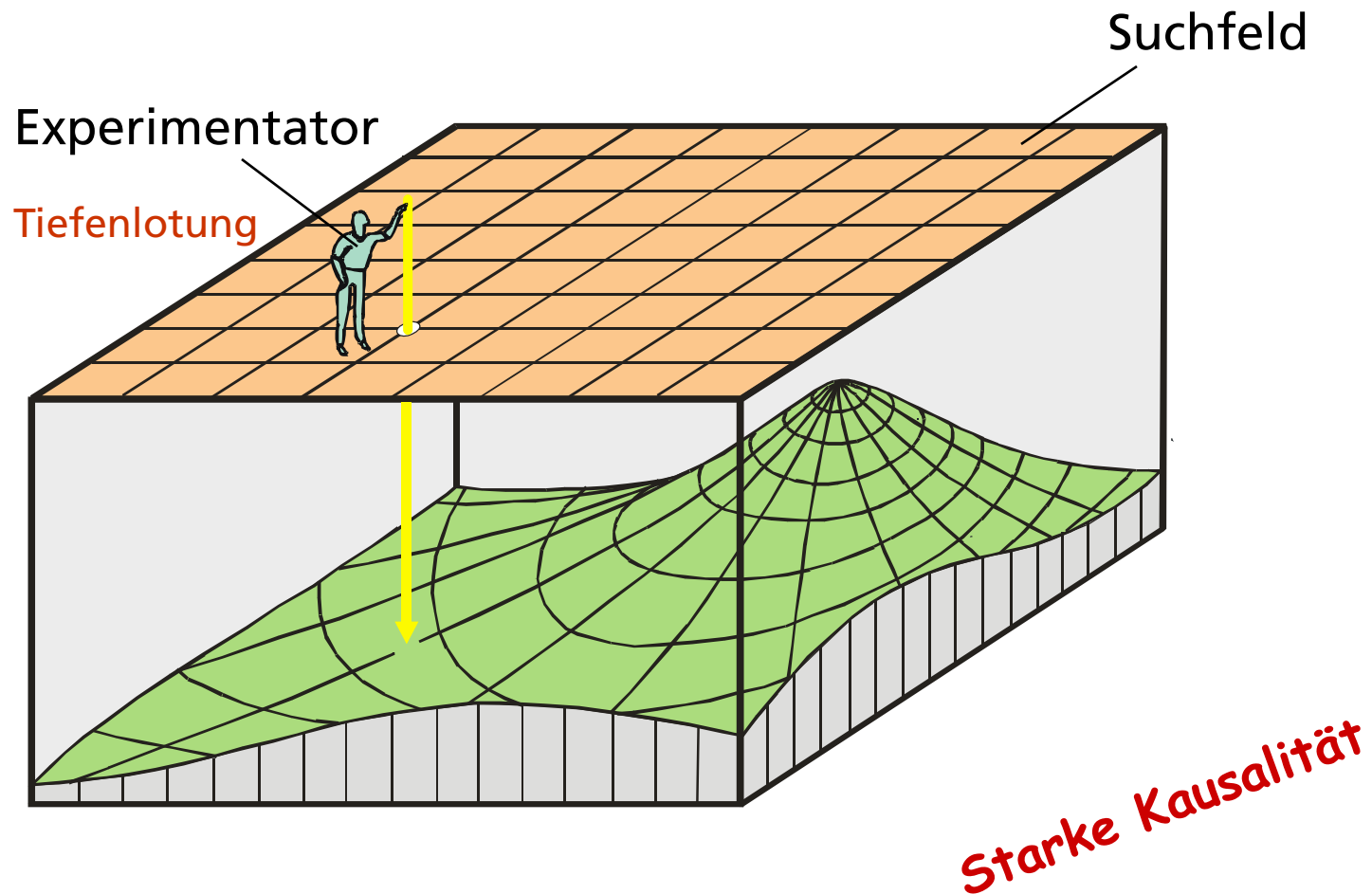
Es gäbe keine Evolutionsstrategie,
wenn sich der Opponent „Natur“
völlig willkürlich verhalten würde !



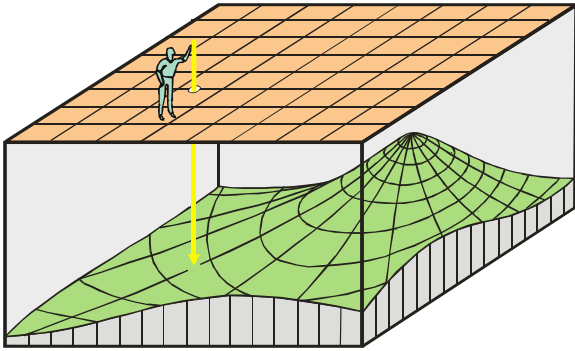


Schwache Kausalität

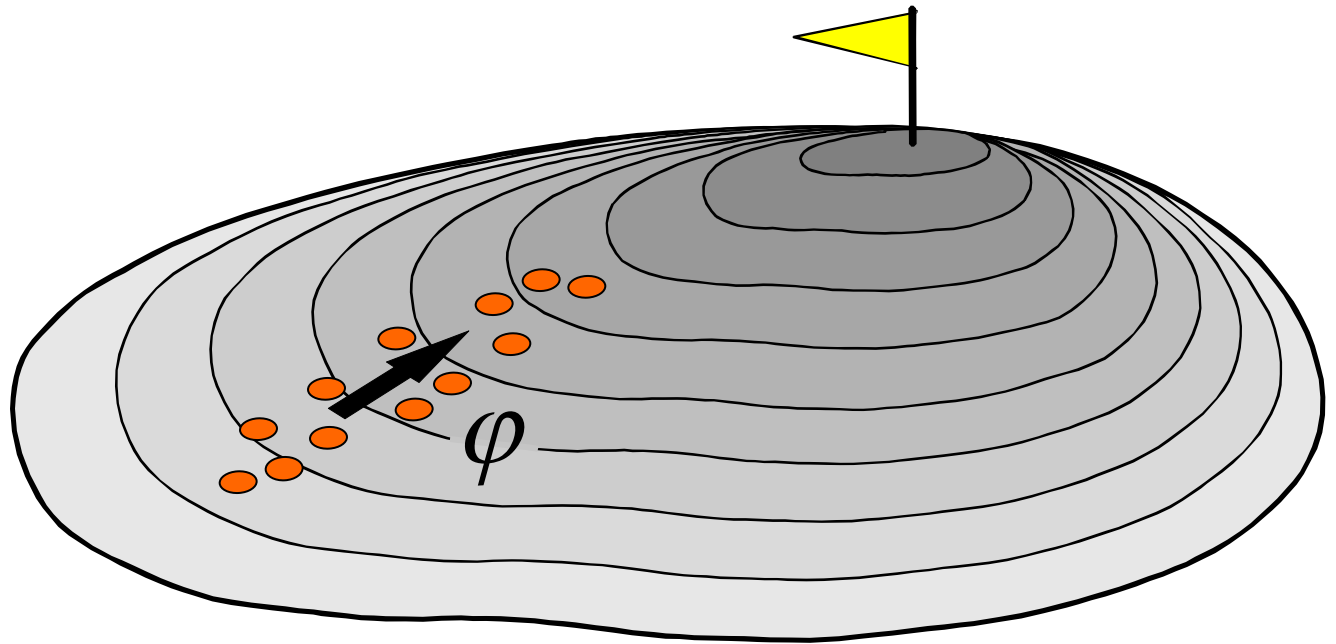
Die Suche nach dem höchsten Gipfel



Die Suche nach dem höchsten Gipfel

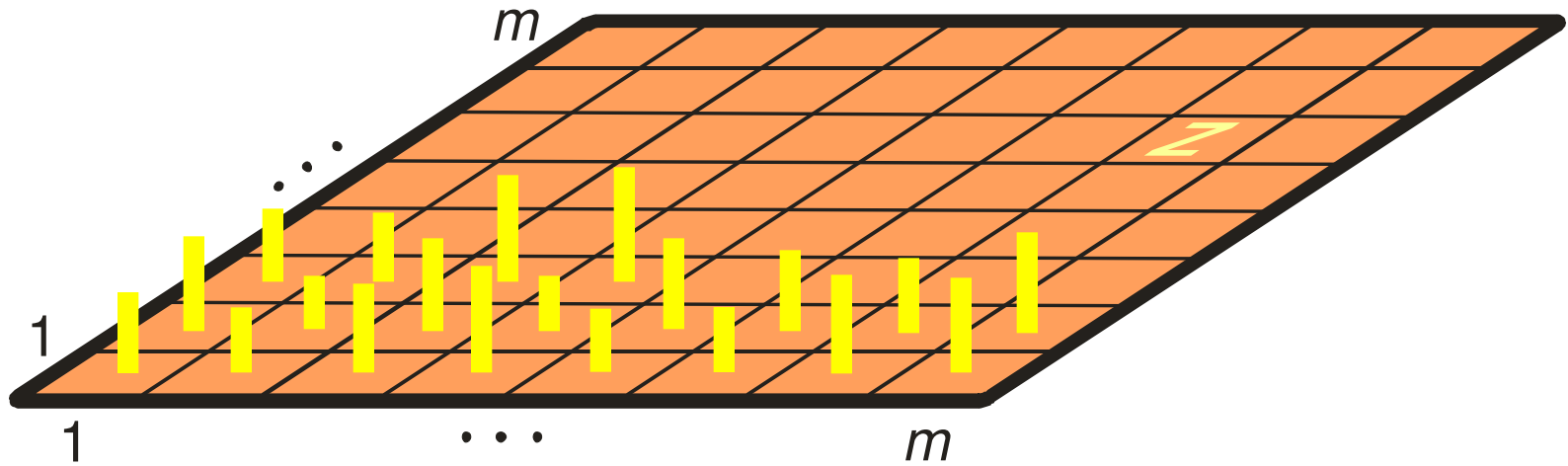
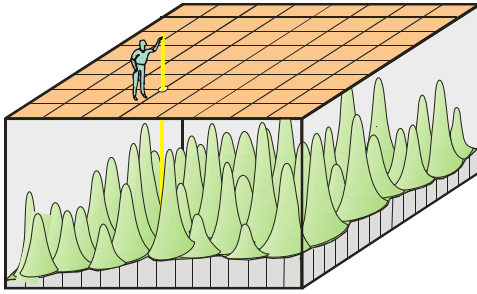


Definition der Fortschrittsgeschwindigkeit



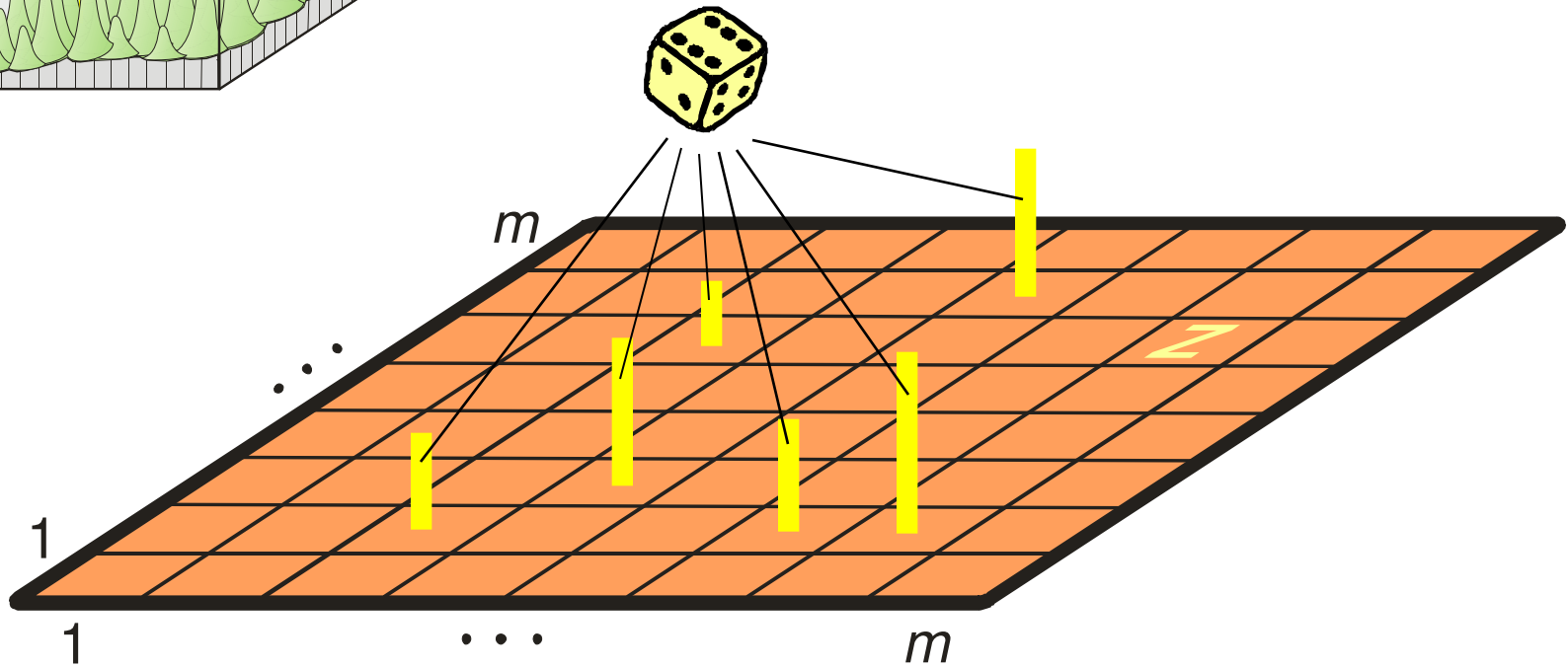
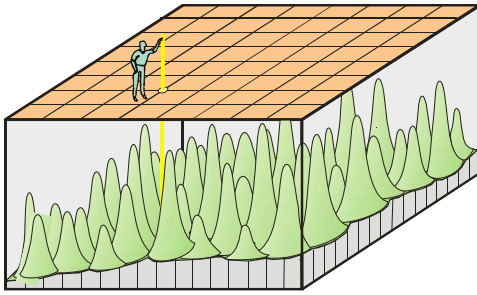
$$\varphi = \frac{\text{Zurückgelegter Weg bergan}}{\text{Zahl der Versuche}}$$

- 1. Globale deterministische Suche**
- 2. Globale stochastische Suche**
- 3. Lokale deterministische Suche**
- 4. Lokale stochastische Suche**



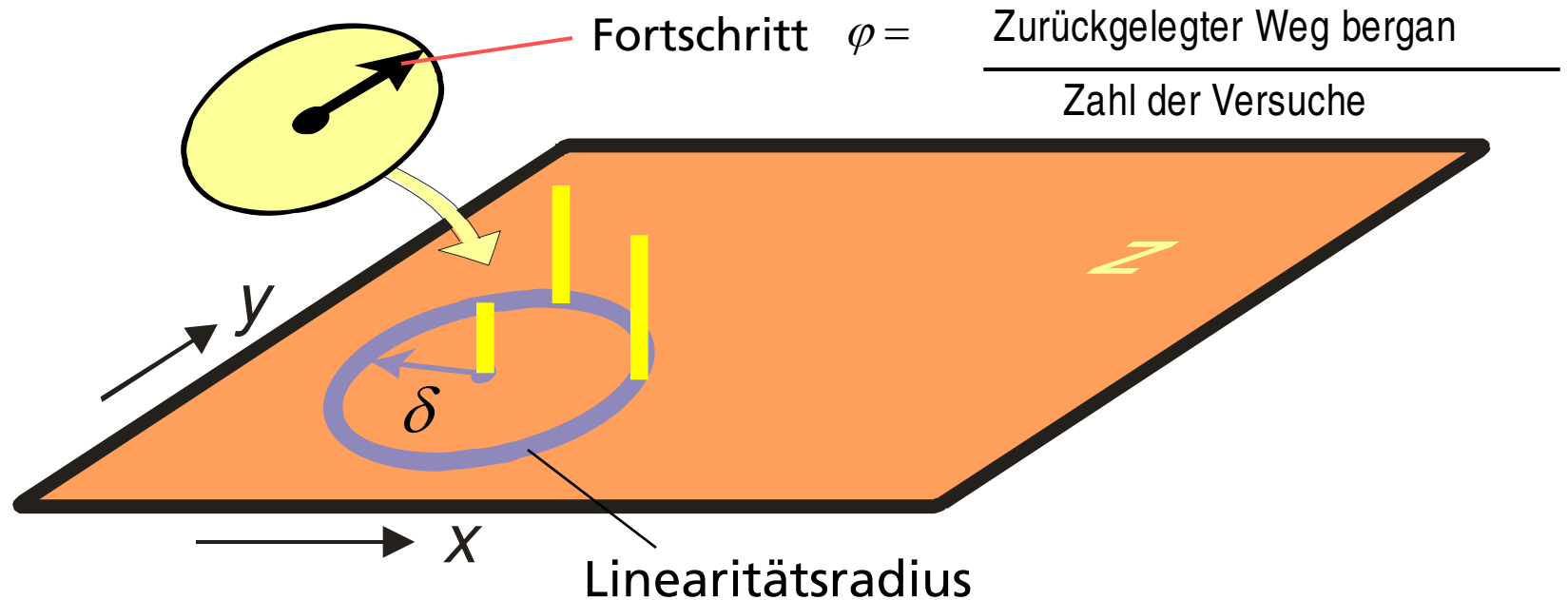
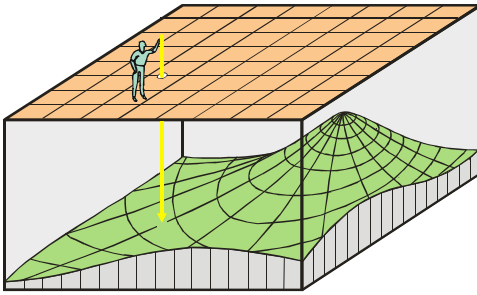
1. Globale deterministische Suche

Systematisches Scannen des Versuchsfeldes



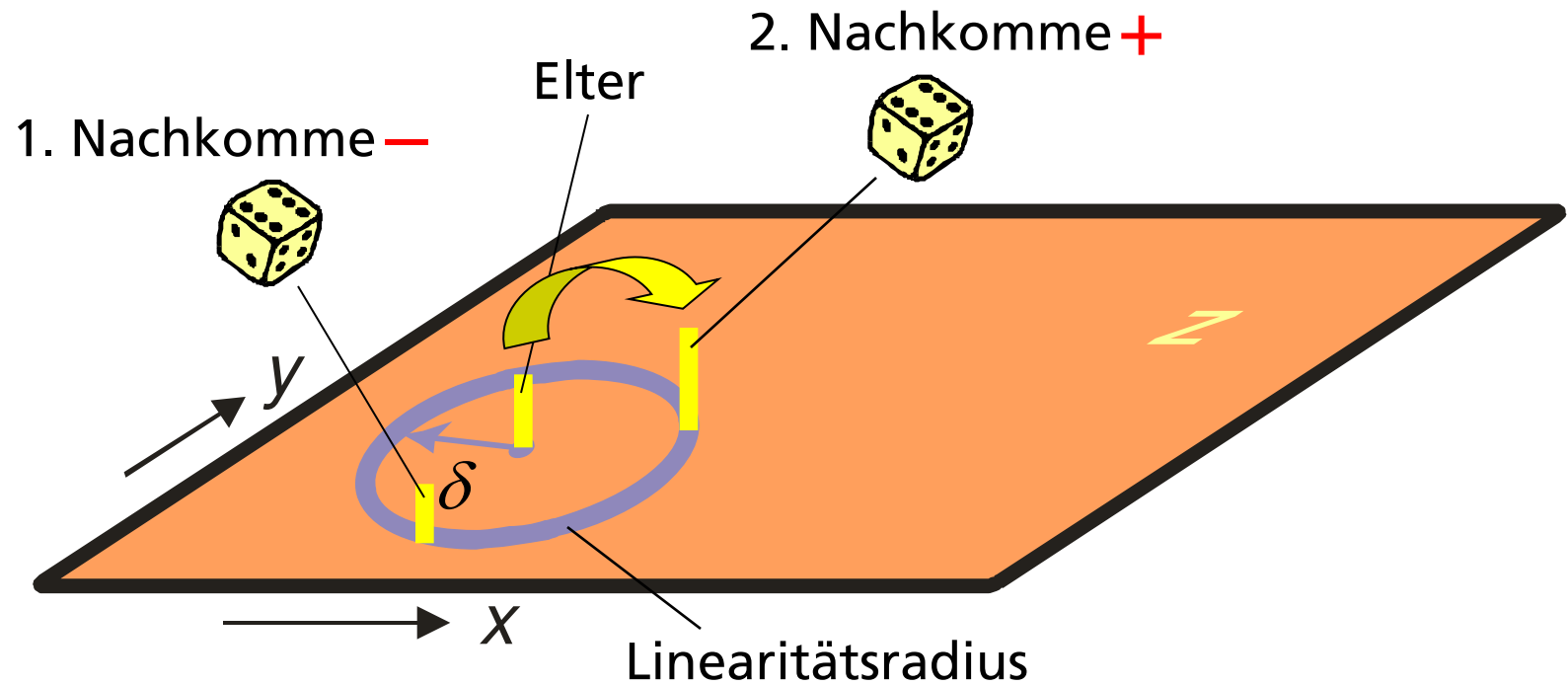
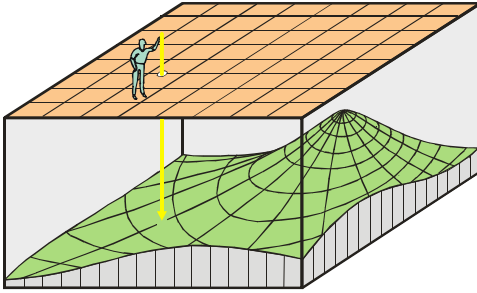
2. Globale stochastische Suche

Zielfindung mit 95% Wahrscheinlichkeit



3. Lokale deterministische Suche

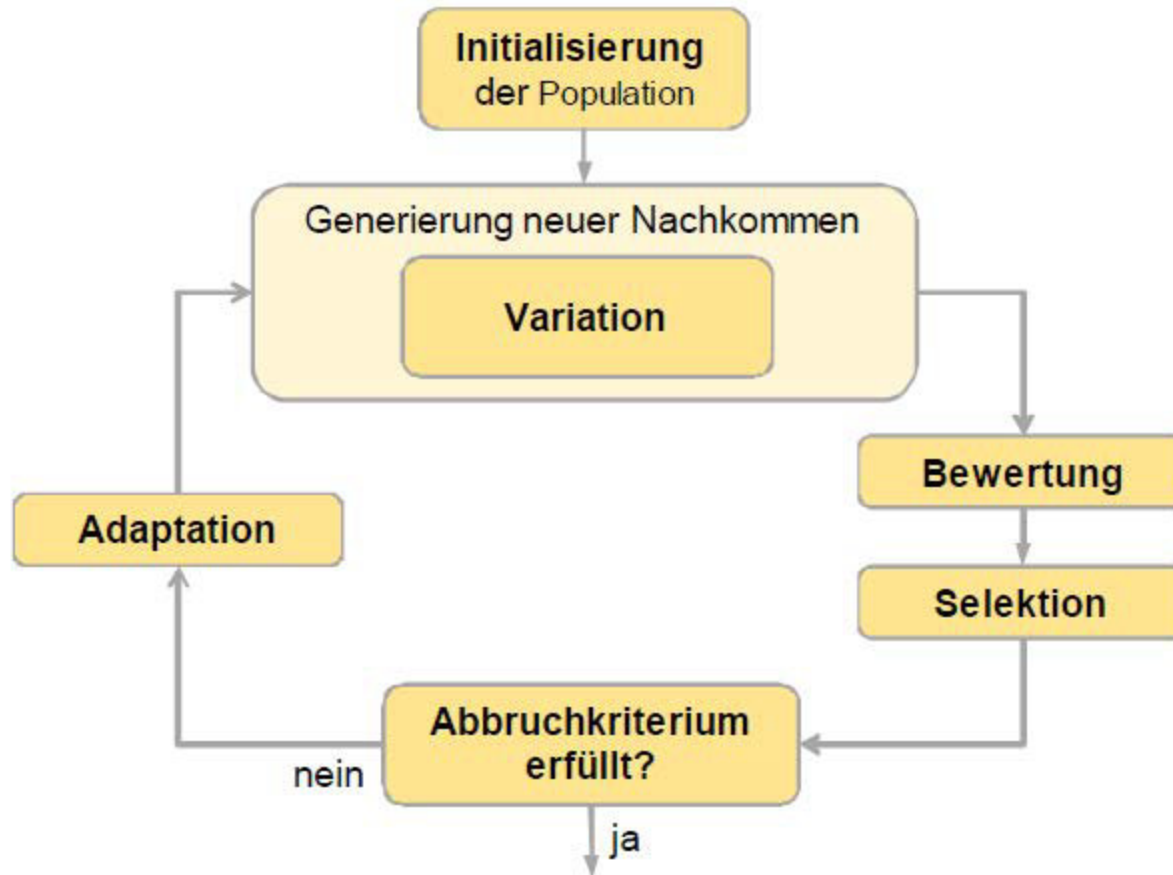
Folgen des steilsten Anstiegs

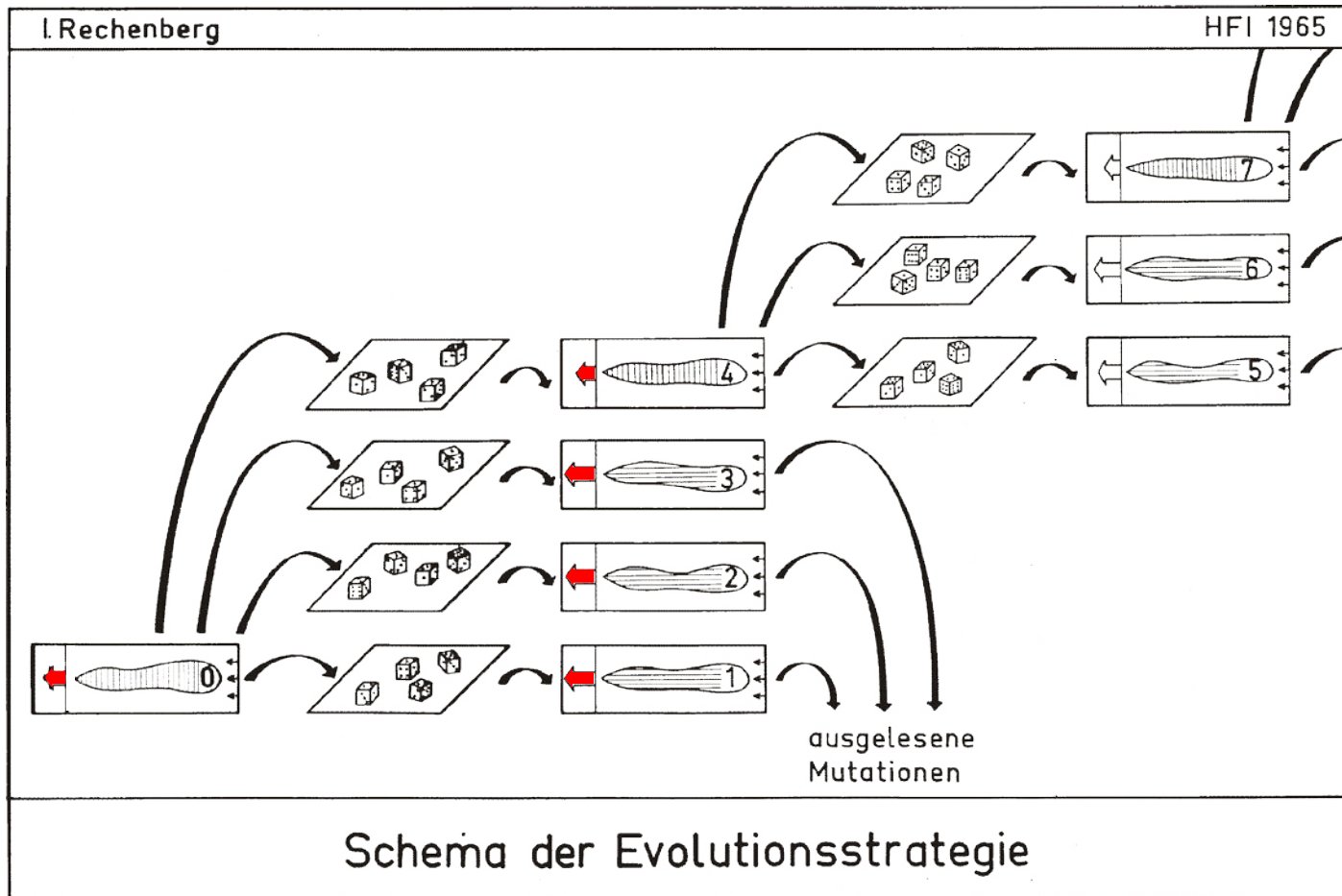


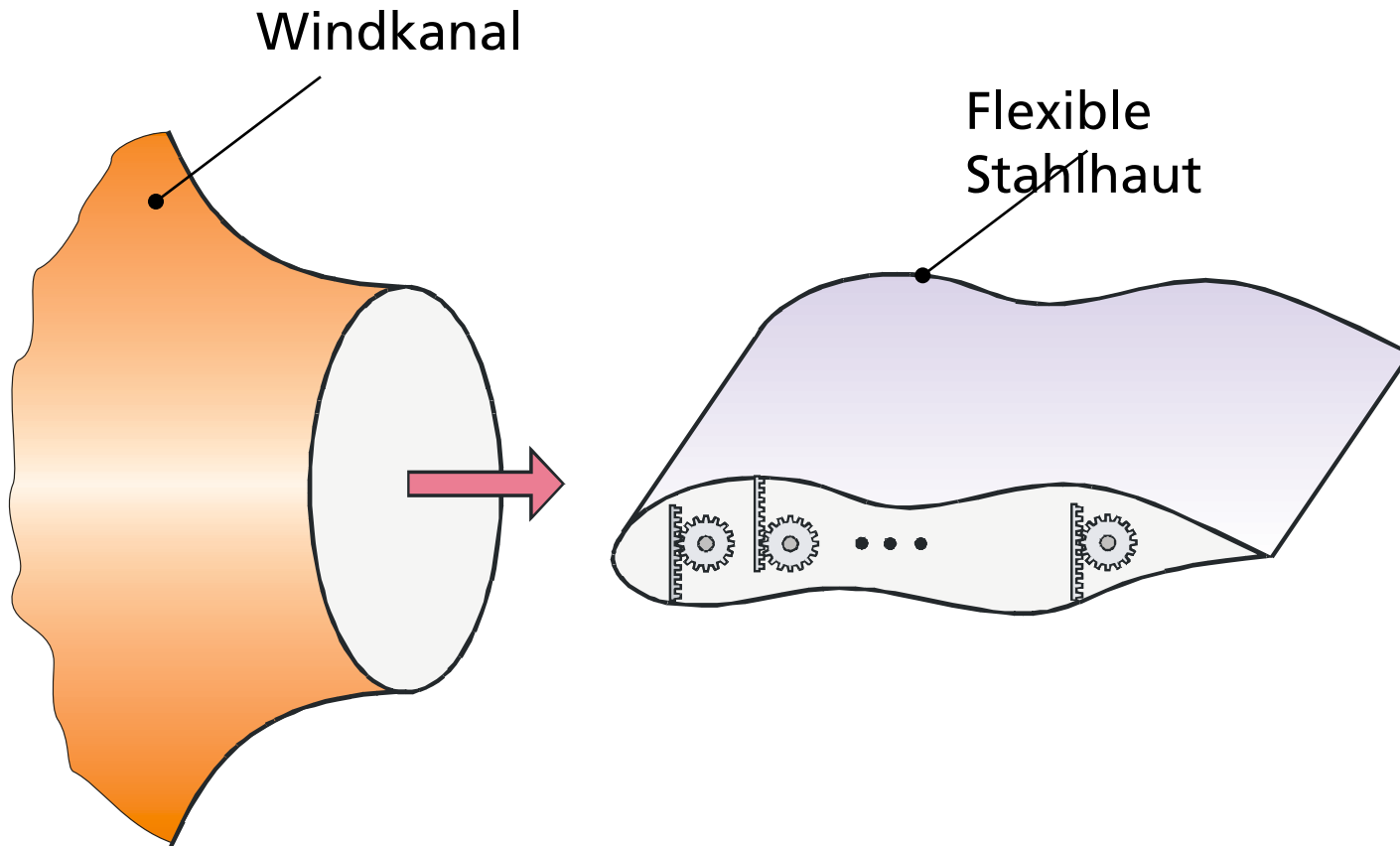
4. Lokale stochastische Suche

Zufallsdriften entlang des steilsten Anstiegs

Ablaufschema der Evolutionsstrategie



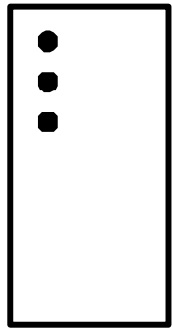




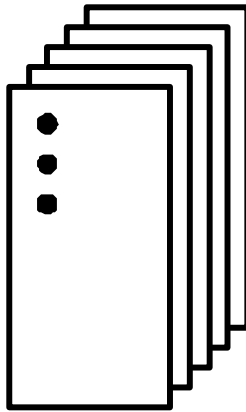
Formgebungsproblem Tragflügelprofil

-> Ingo Rechenbergs vielbeachteter Beweis für die Anwendbarkeit von Evolutionsalgorithmen

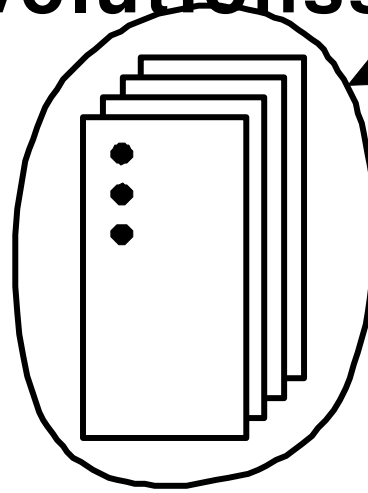
Spielzeichen für Evolutionsstrategien (1)



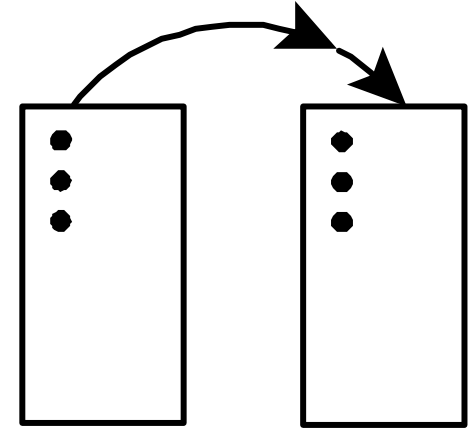
Variablensatz



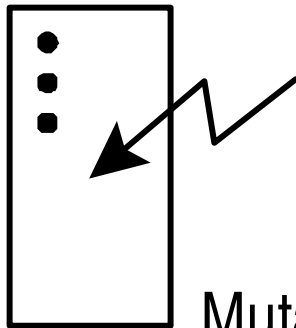
Population



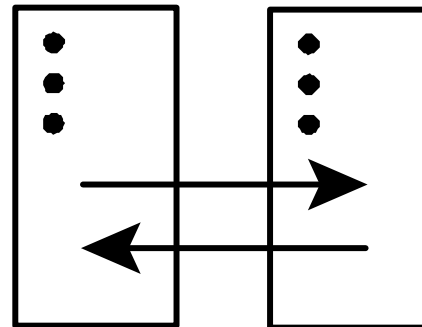
Zufallswahl



Duplikation

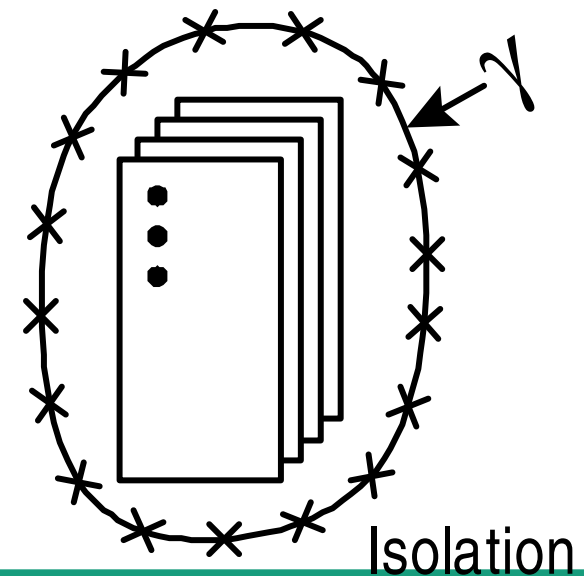
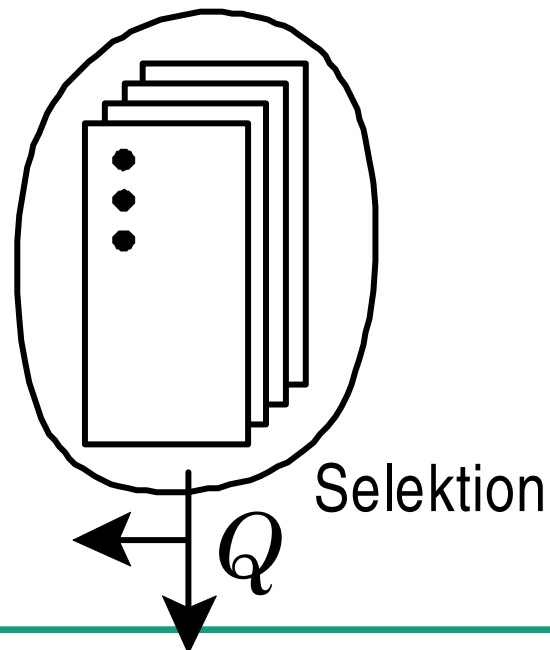
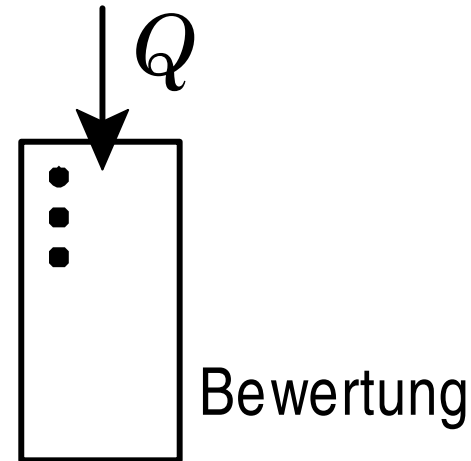
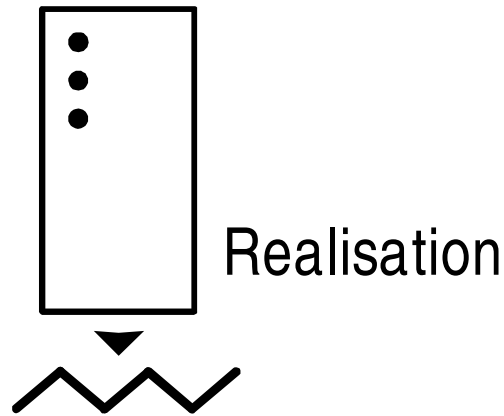


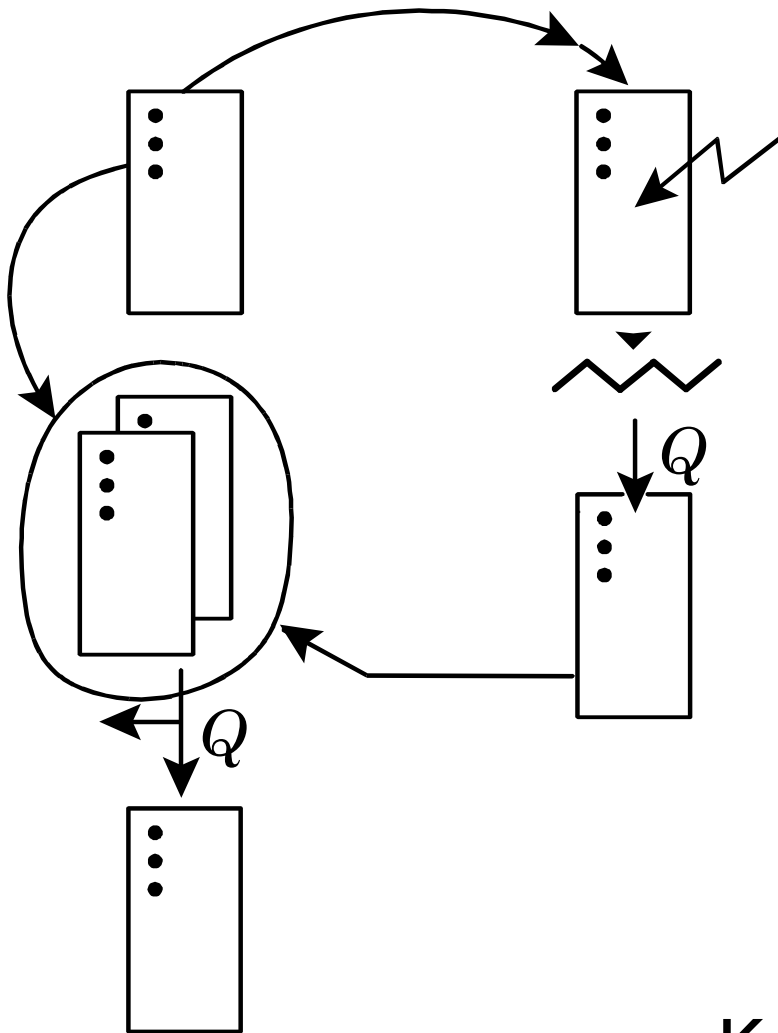
Mutation



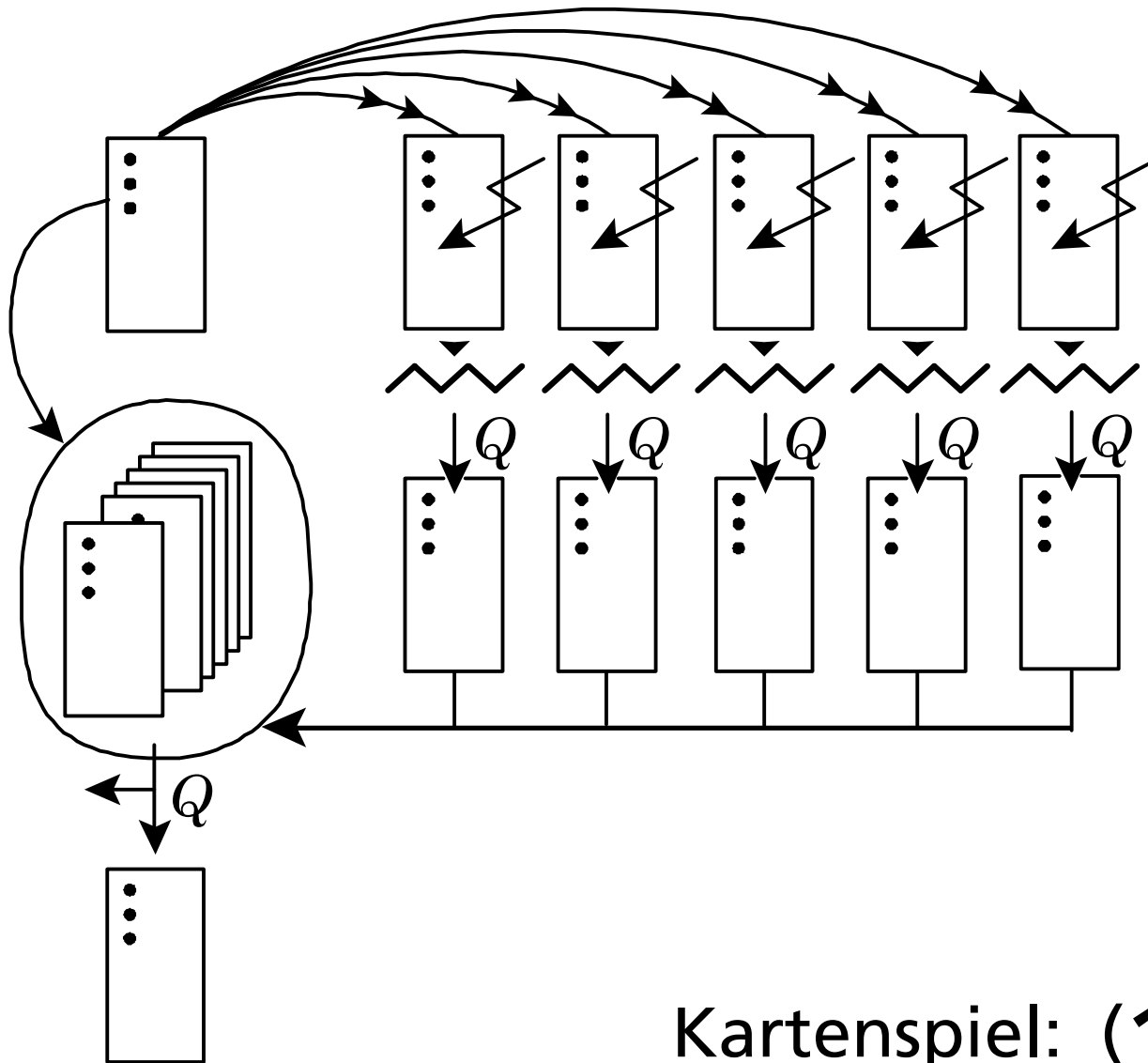
Rekombination

Spielzeichen für Evolutionsstrategien (2)

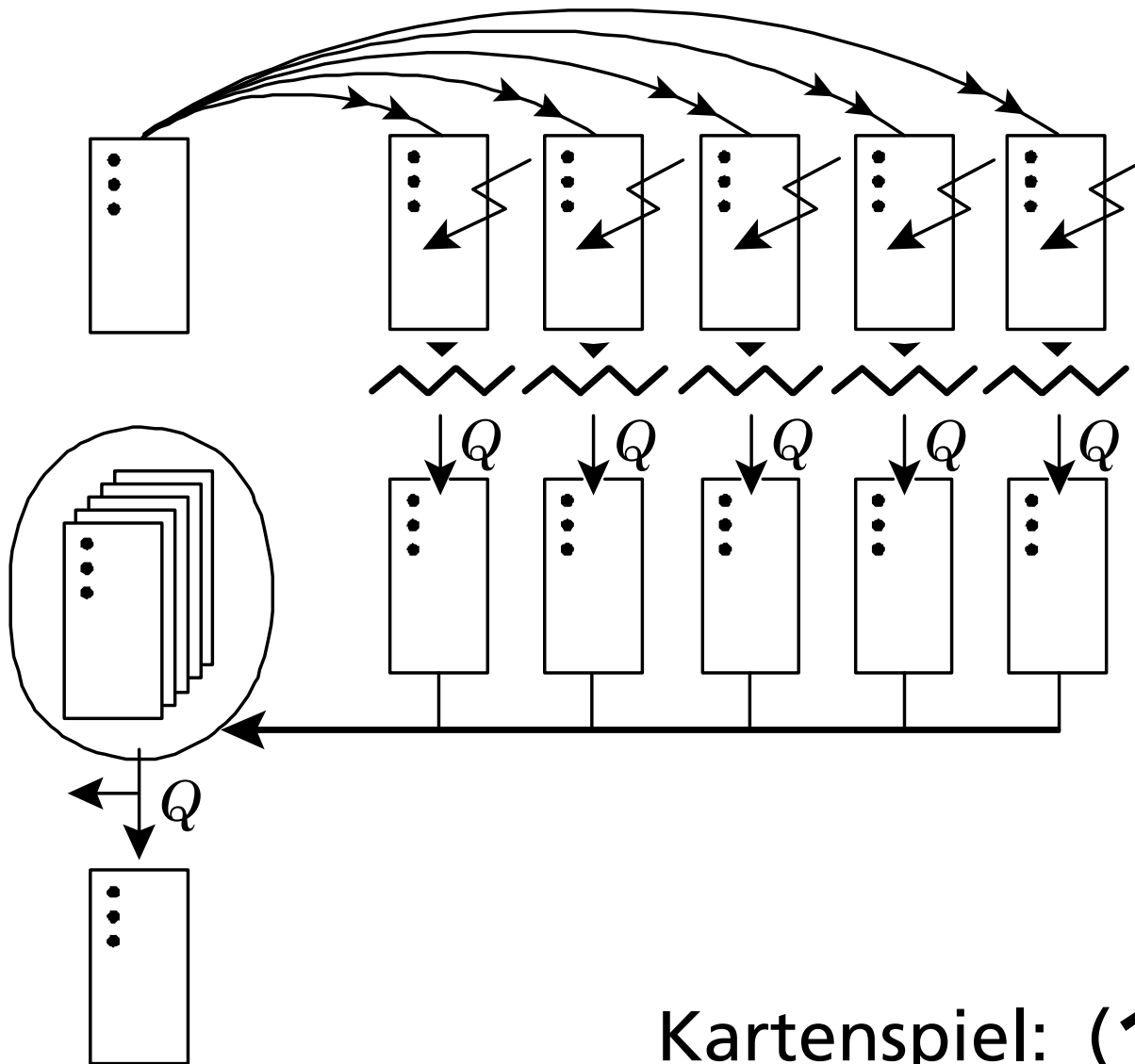




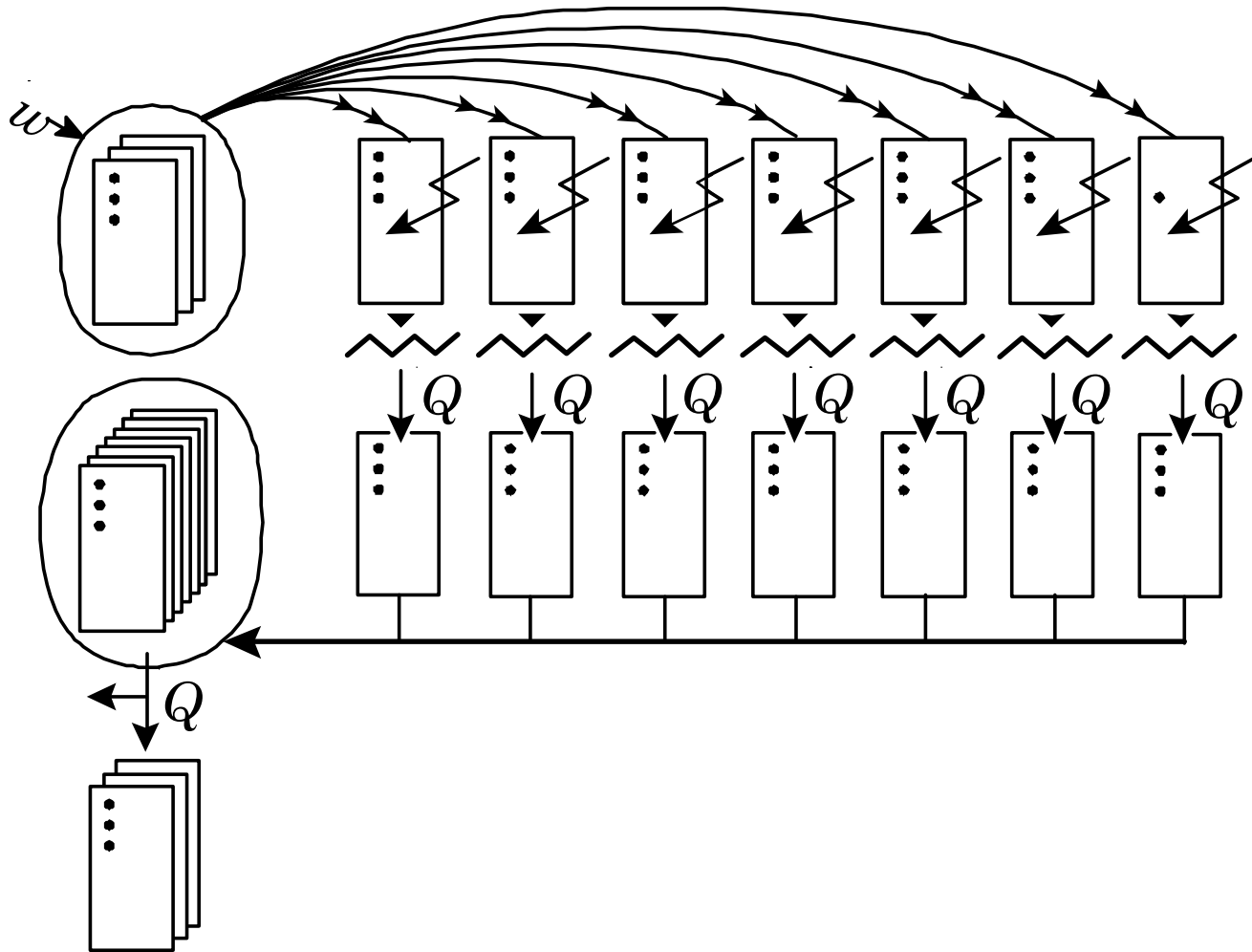
Kartenspiel: **(1 + 1)** - ES



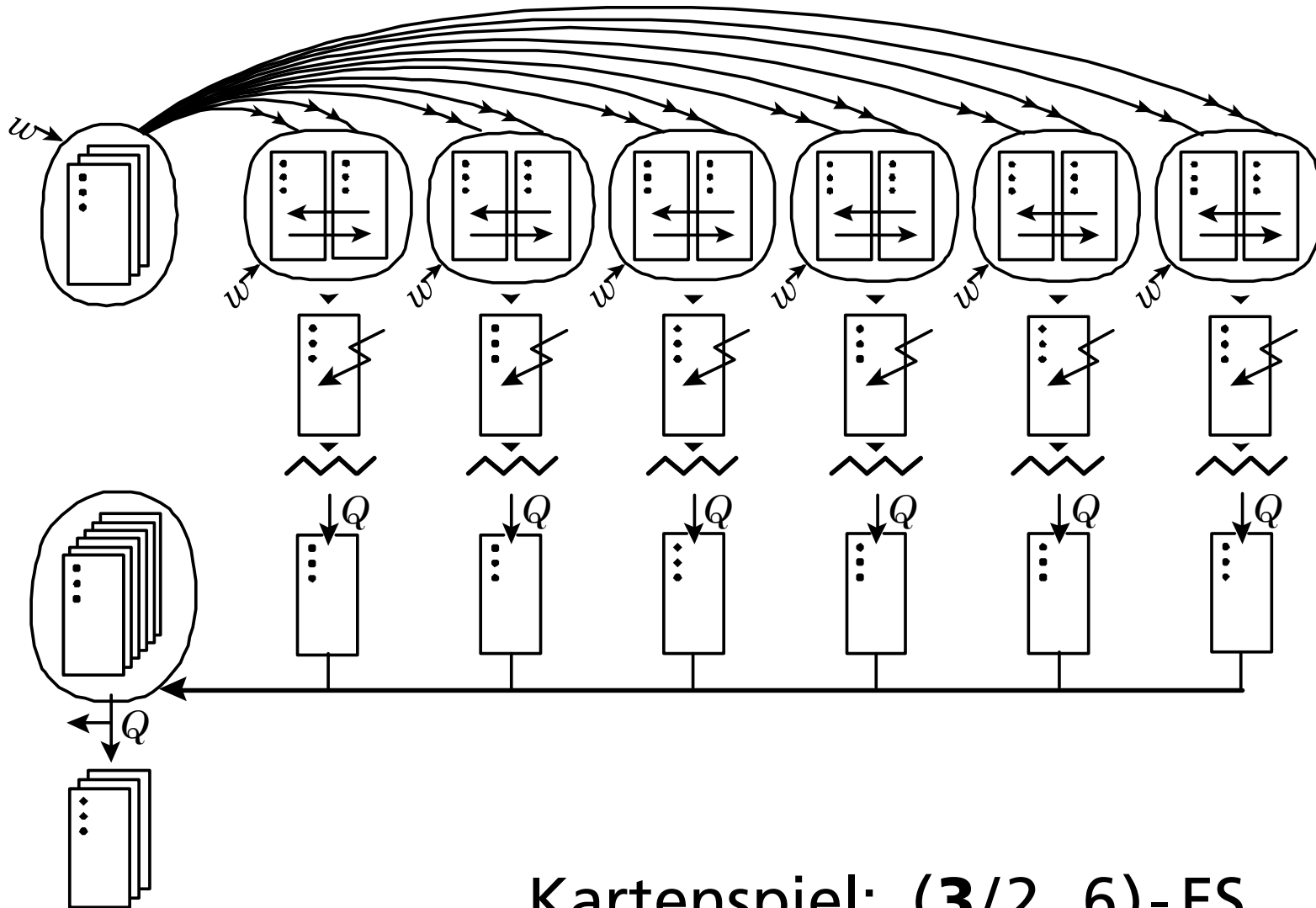
Kartenspiel: (**1** + 5)] - ES



Kartenspiel: (**1** , 5) - ES



Kartenspiel: **(3 , 7)** - ES



Kartenspiel: **(3/2 , 6)**-ES

Rekombinationsmöglichkeiten

Es gibt 5 Möglichkeiten für die Rekombination, die man für Objekt- und Strategieparameter getrennt auswählen kann.

1. Keine Rekombination

Rekombination muß nicht gemacht werden, es genügt Nachkommen durch Klonen zu erzeugen. Varianten mit Rekombination sind aber in der Praxis erfolgreicher.

2. Diskrete Rekombination zweier Eltern (Diskret)

Es werden zwei Eltern zu fällig ausgewählt. Für jede Komponente im Vektor erbt das Kind zufällig diese Information von Elter 1 oder Elter 2.

Ein Individuum wird durch 3 Vektoren realer Zahlen dargestellt: $a = (x, \sigma, \alpha)$

x = Objektvariablenvektor, σ = Standardabw. , α = Rotationswinkel

3. Diskrete Rekombination aller μ Eltern (Panmiktisch diskret)

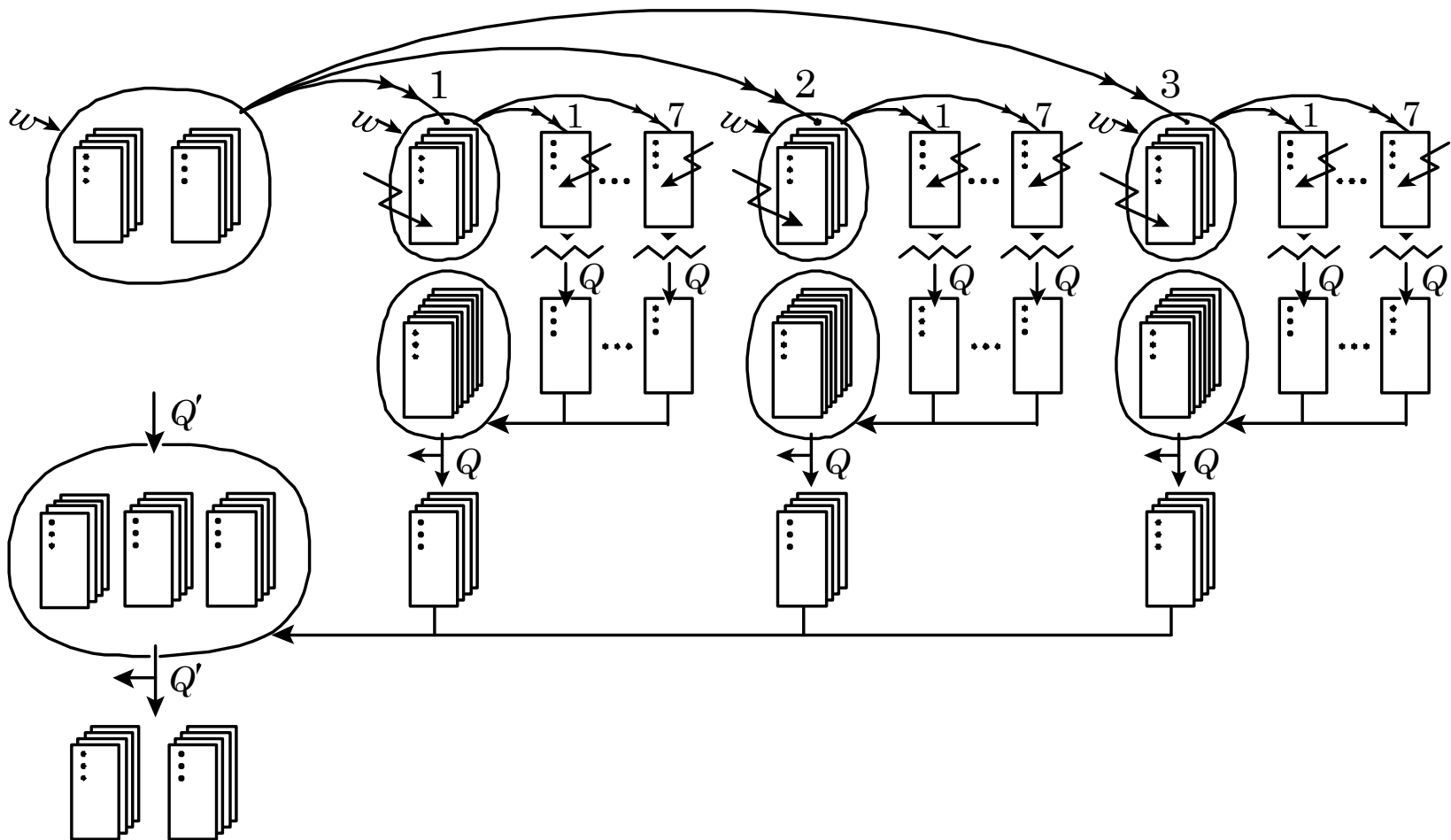
Für jede der n Positionen im Vektor wird zufällig ein Elter ausgewählt, das diese Information vererbt.

4. Intermediäre Rekombination zweier Eltern (Intermediär)

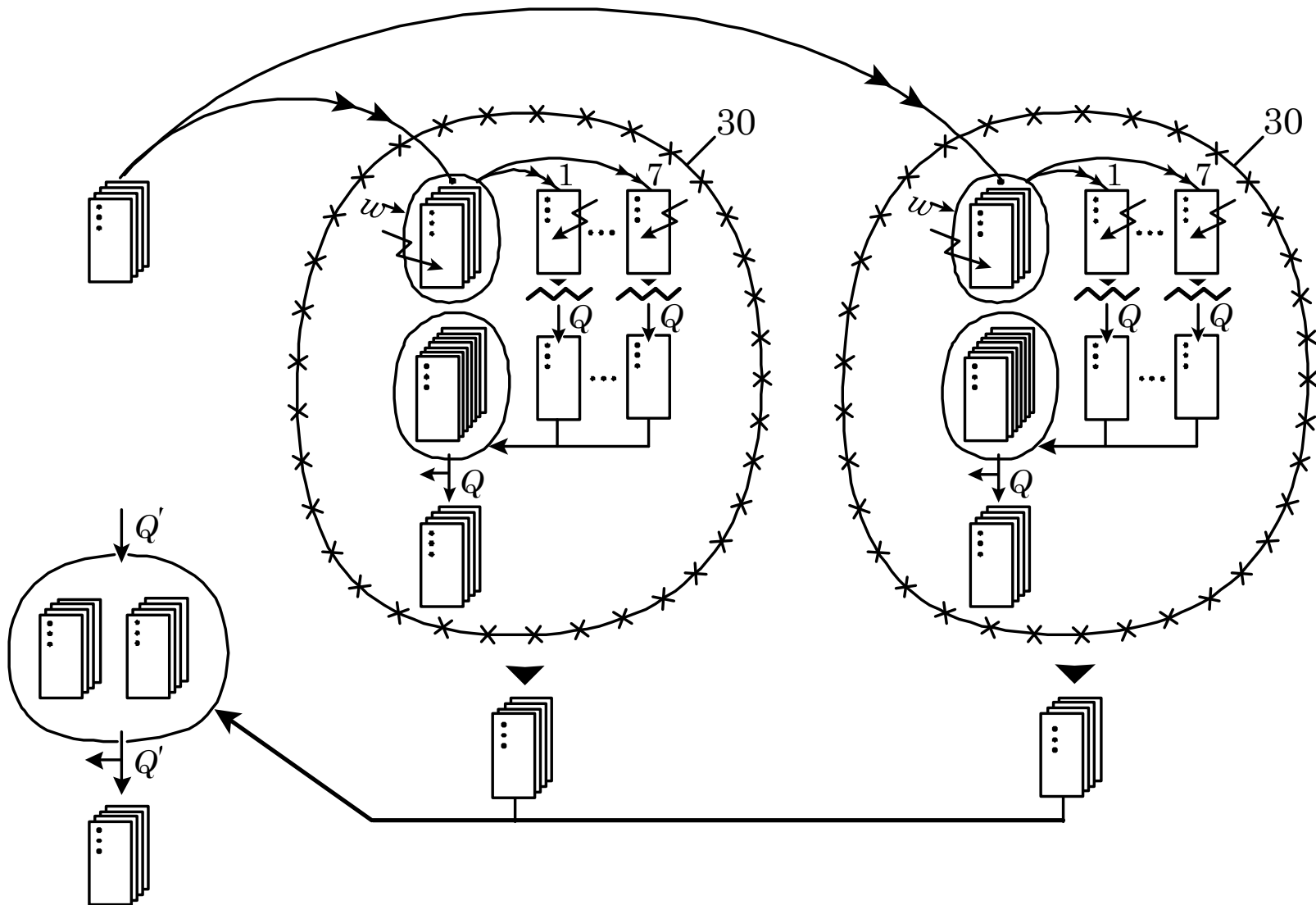
Es werden zwei Eltern zu fällig ausgewählt. Für jede Komponente im Vektor erbt das Kind den Mittelwert dieser Information von Elter 1 oder Elter 2.

5. Intermediäre Rekombination aller μ Eltern (Panmiktisch intermediär)

Für jede der n Positionen im Vektor werden zufällig zwei Eltern ausgewählt, das Kind erbt den Mittelwert dieser Information bei beiden Eltern.



Kartenspiel: $[2, 3(4, 7)]$ -ES



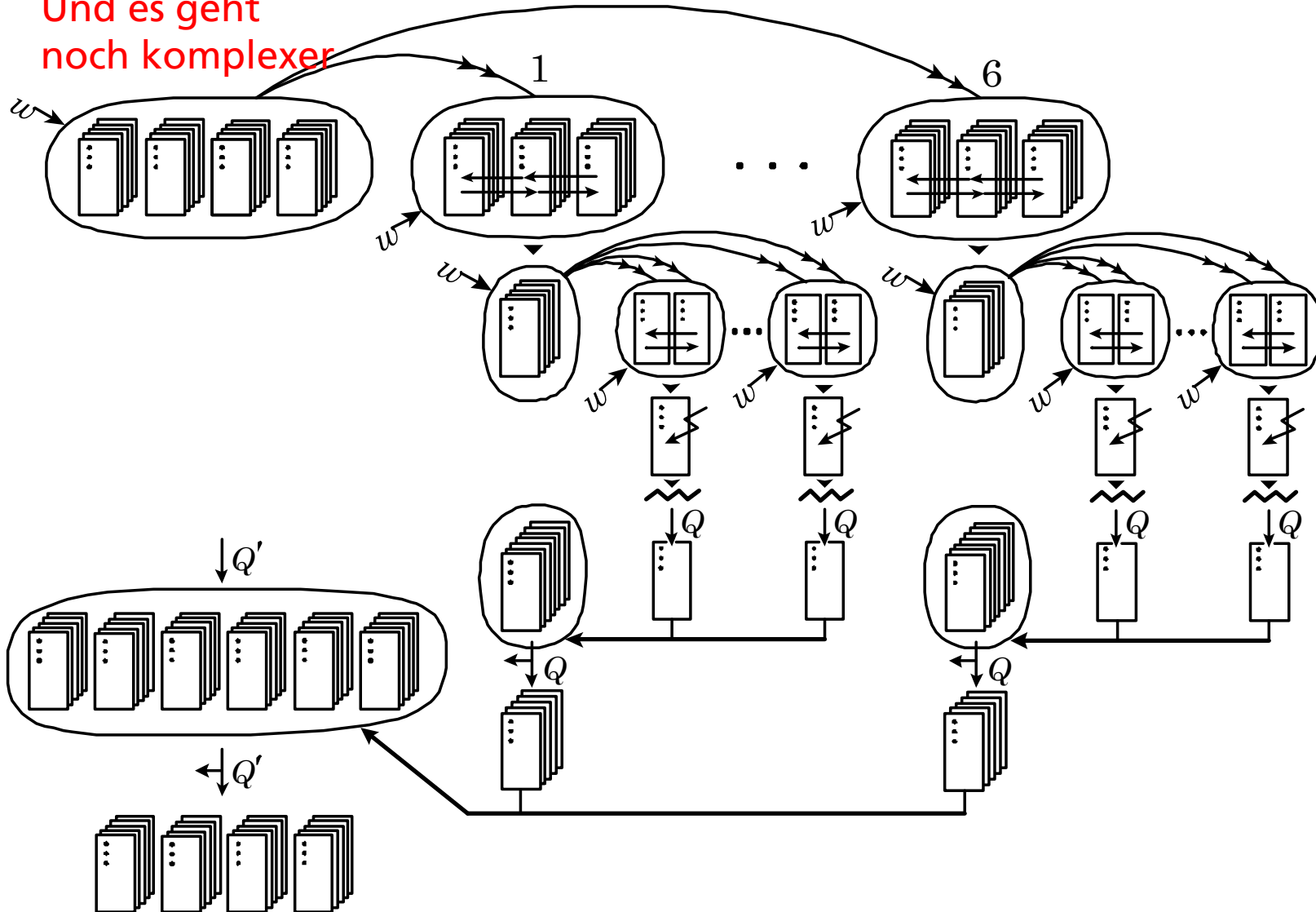
Kartenspiel: $[1, 2(4, 7)^{30}]$ -ES

Hinweis:

die „Kartenspiel“-Darstellungen müssen Sie nicht selbst mit den Symbolen darstellen können, aber daraus die Formel ableiten.

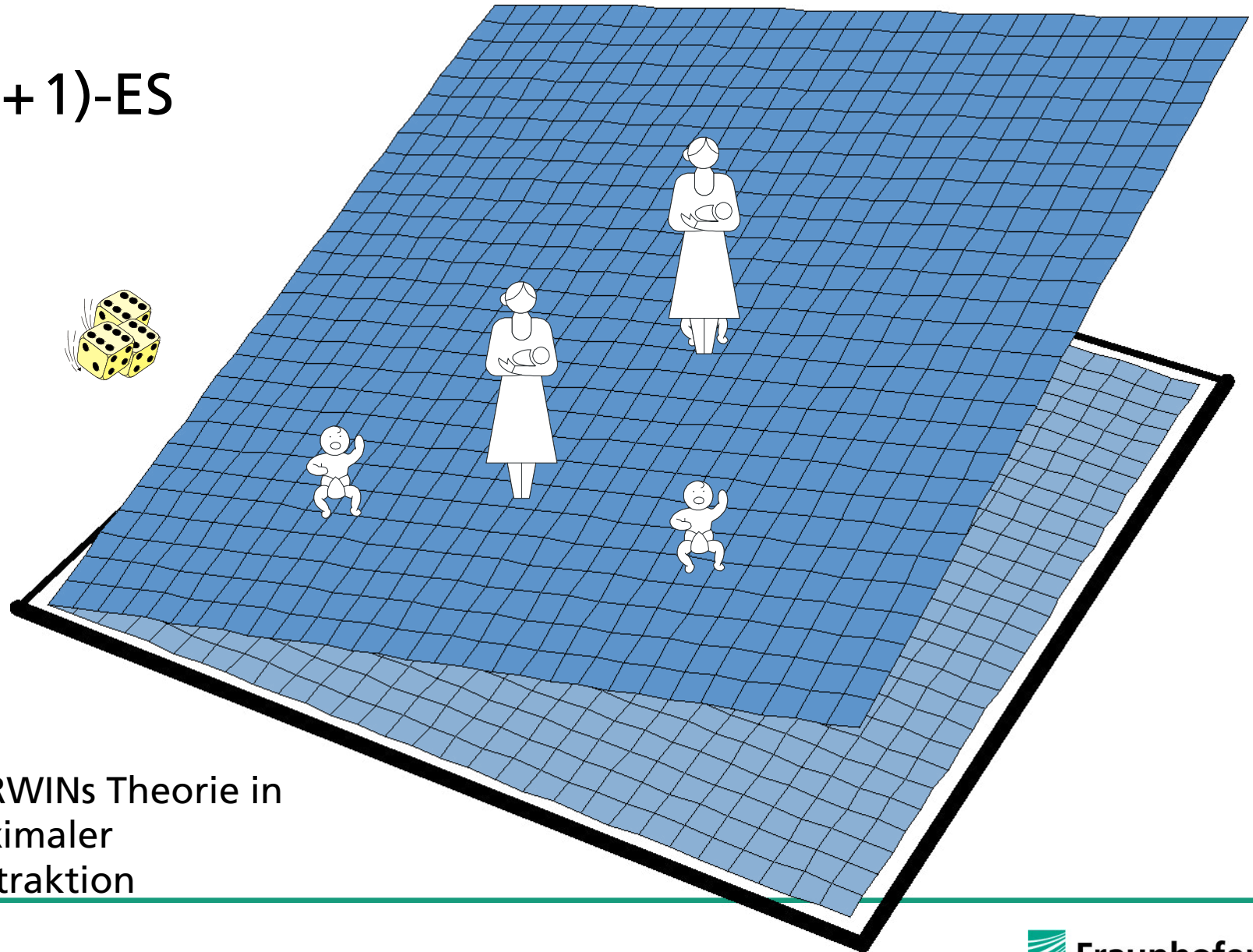
Nächste Folie brauchen Sie aber nicht können.

Und es geht
noch komplexer



Kartenspiel: **[4/3 , 6(5/2 , 7)]** - ES

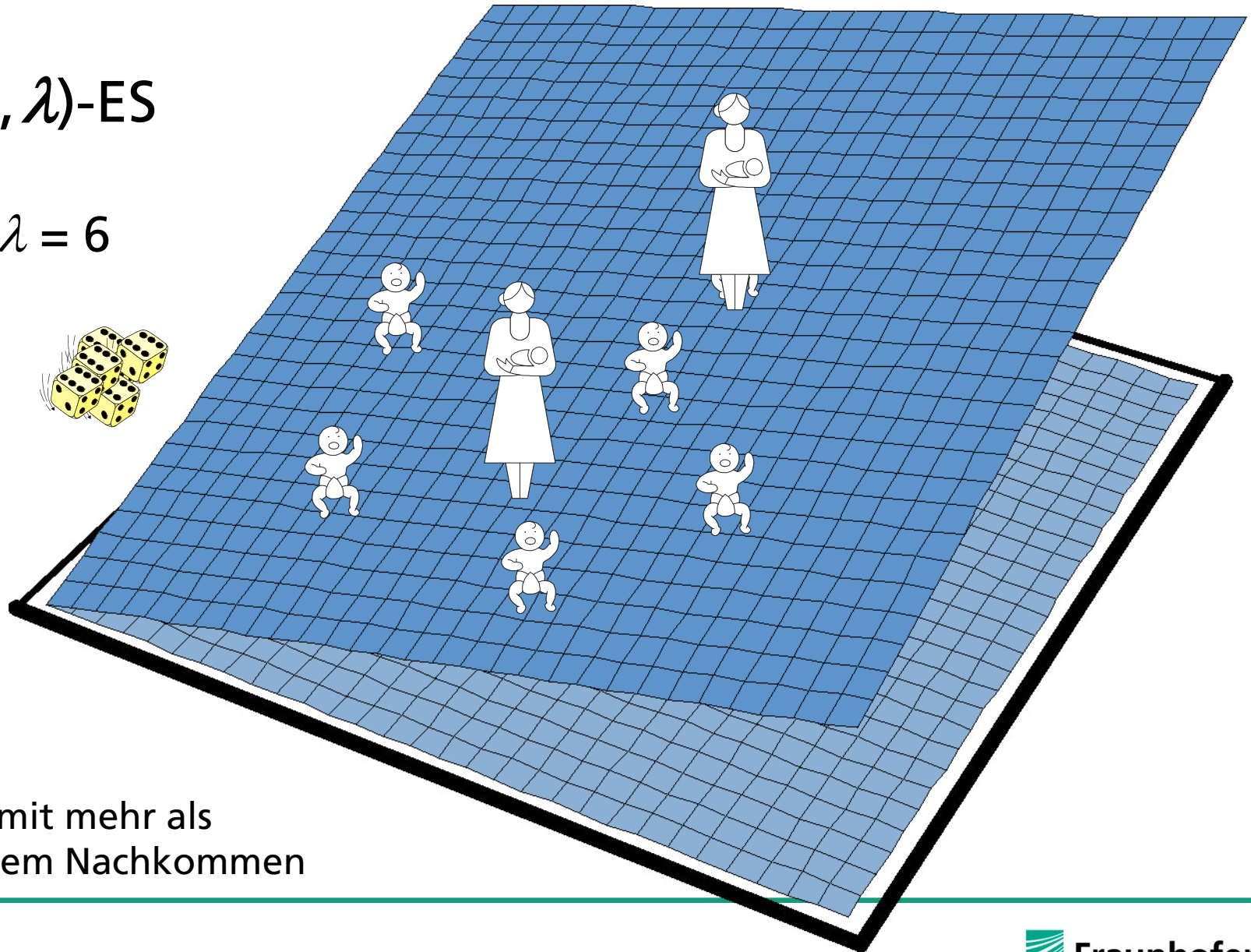
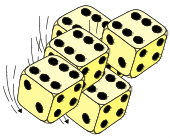
$(1+1)$ -ES



DARWINs Theorie in
maximaler
Abstraktion

$(1, \lambda)$ -ES

$$\lambda = 6$$

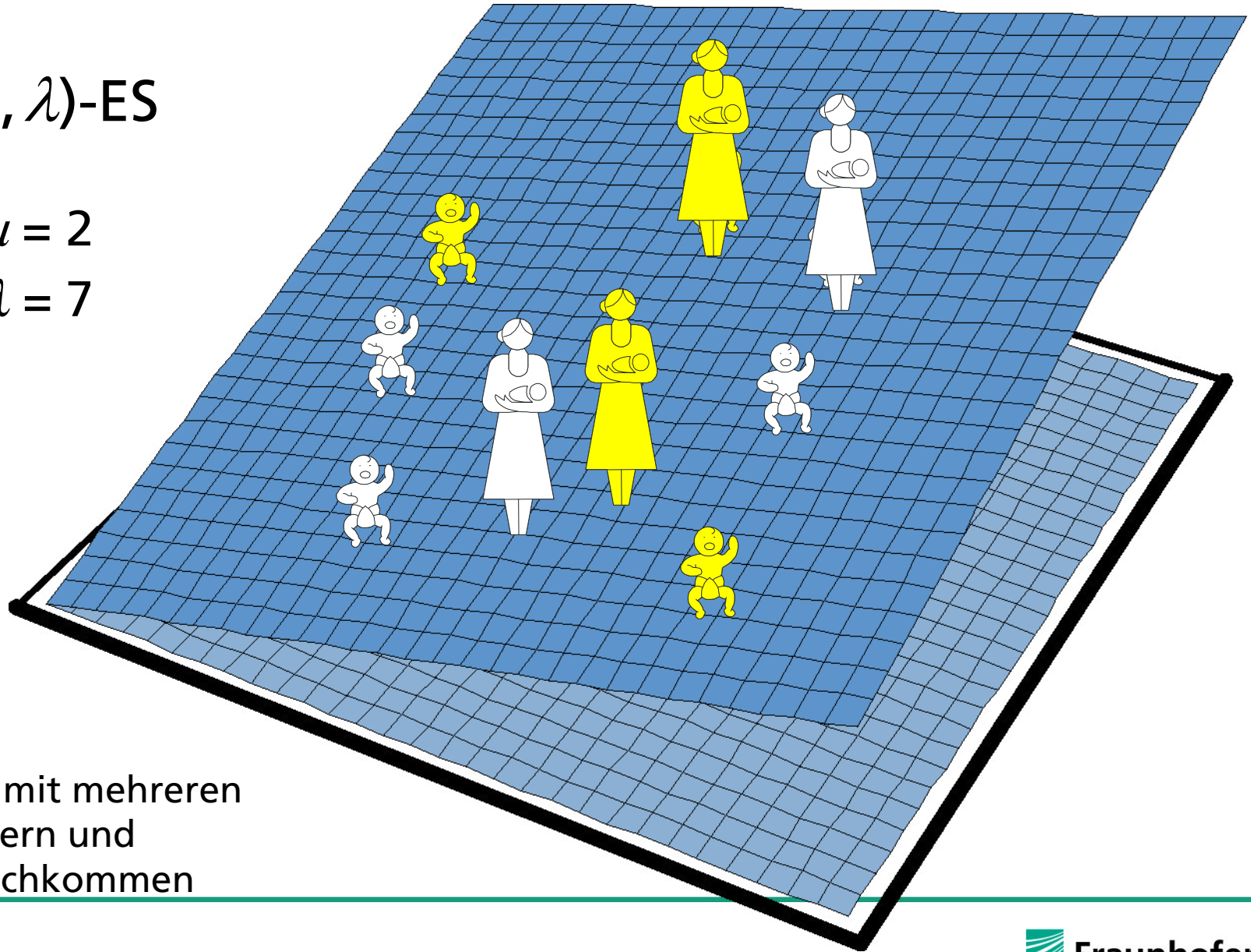


ES mit mehr als
einem Nachkommen

(μ, λ) -ES

$$\mu = 2$$

$$\lambda = 7$$



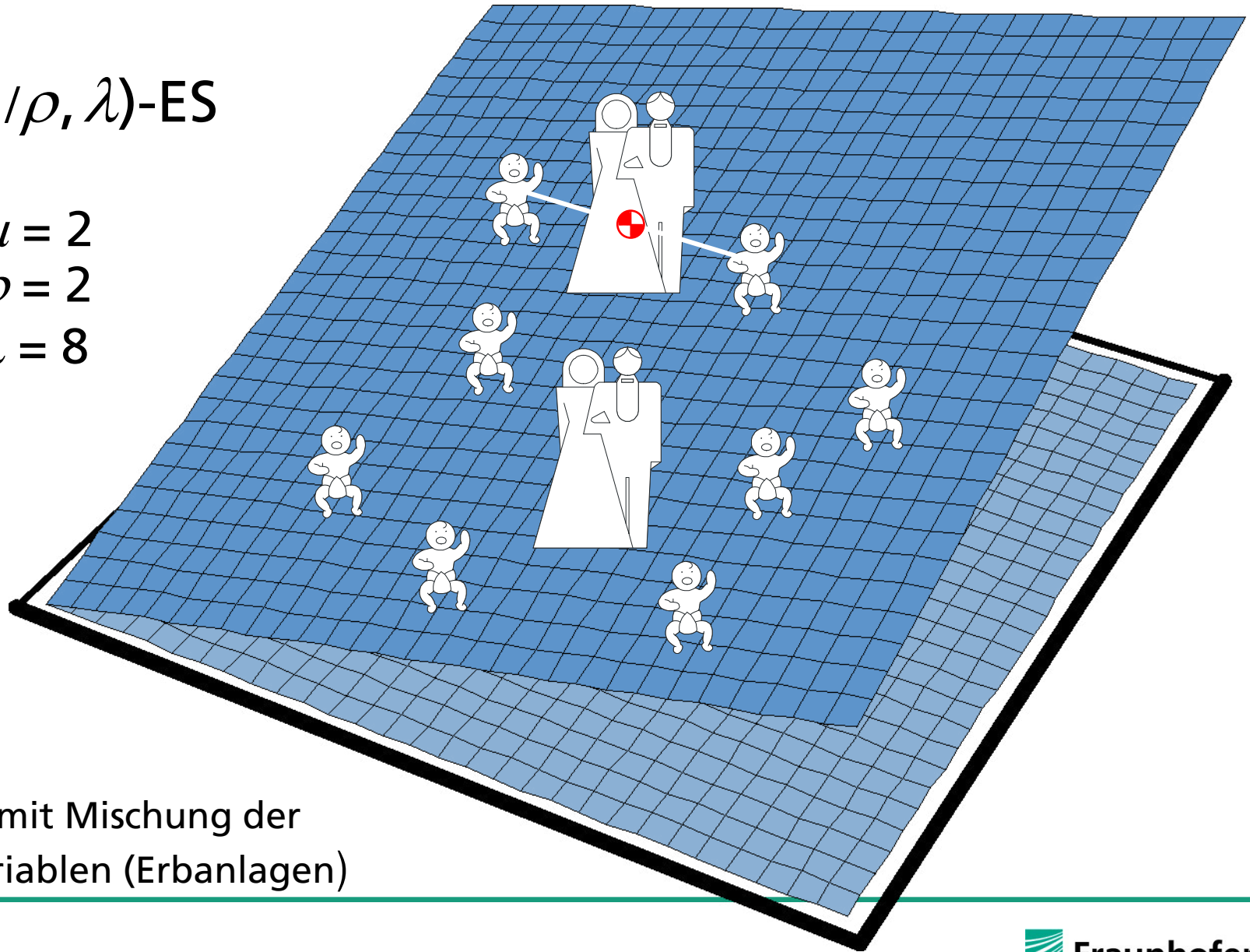
ES mit mehreren
Eltern und
Nachkommen

$(\mu/\rho, \lambda)$ -ES

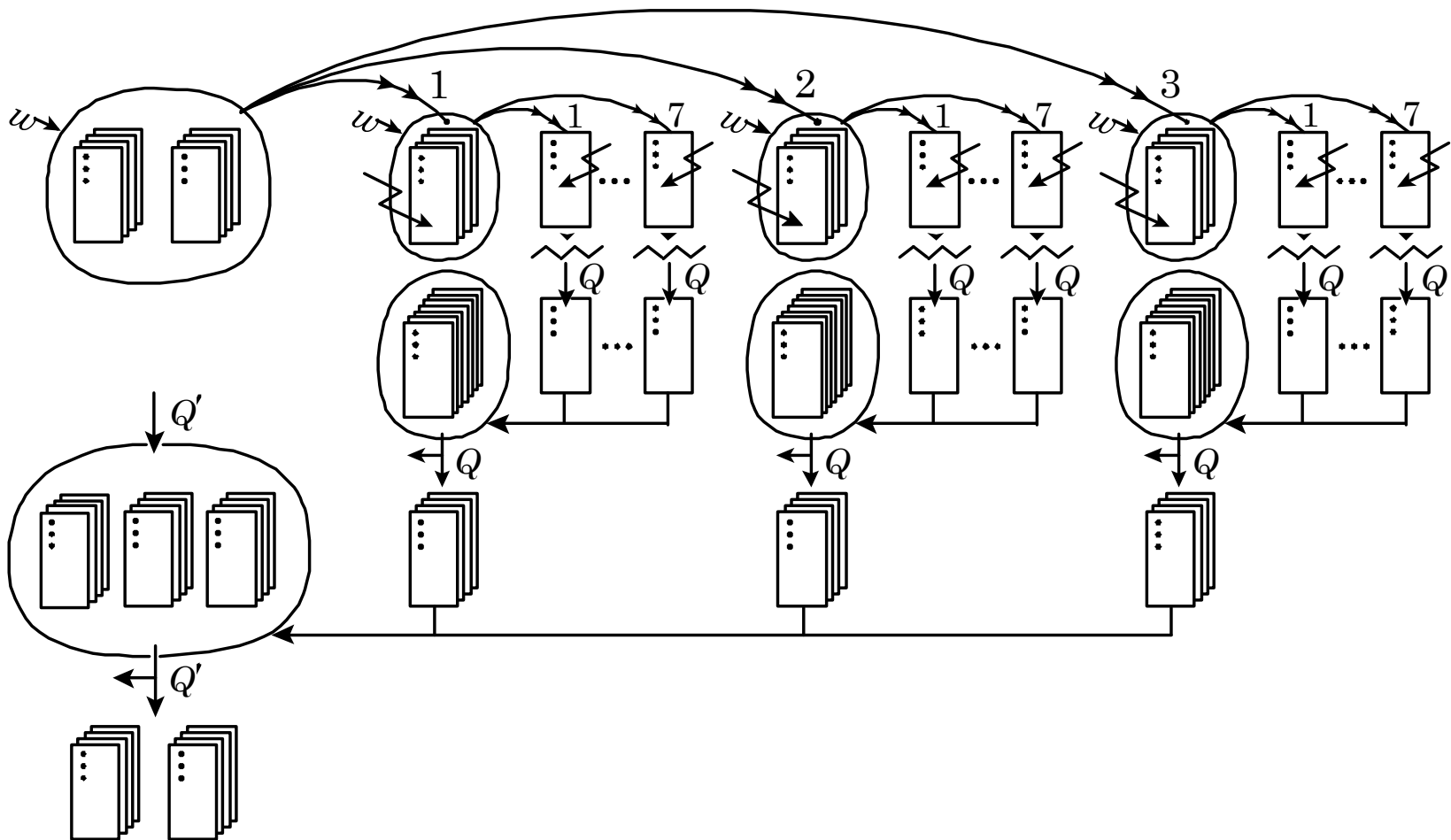
$$\mu = 2$$

$$\rho = 2$$

$$\lambda = 8$$



ES mit Mischung der
Variablen (Erbanlagen)



Kartenspiel: $[2, 3(4, 7)]$ -ES

$[\mu', \lambda'(\mu, \lambda)'] - \text{ES}$

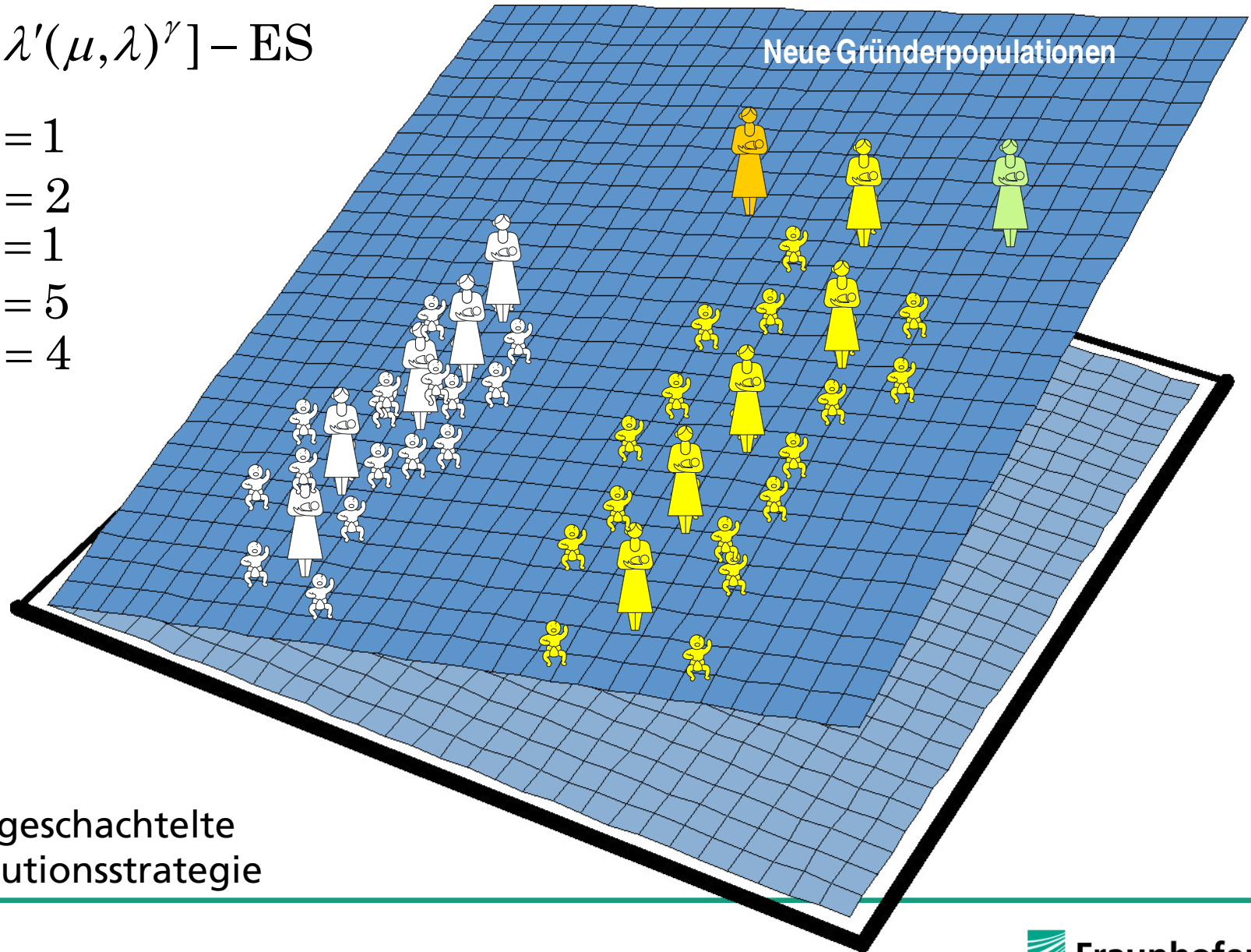
$$\mu' = 1$$

$$\lambda' = 2$$

$$\mu = 1$$

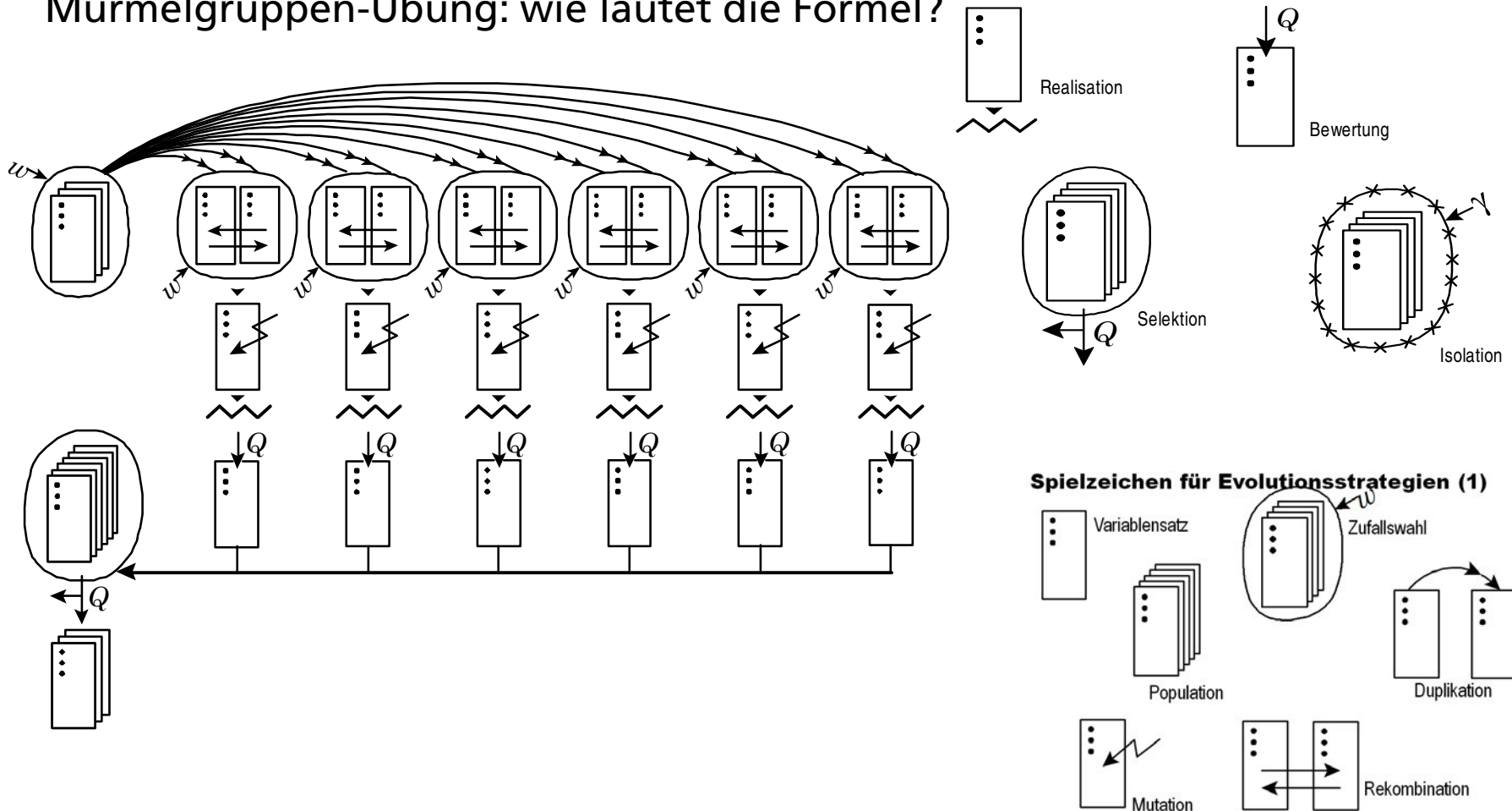
$$\lambda = 5$$

$$\gamma = 4$$



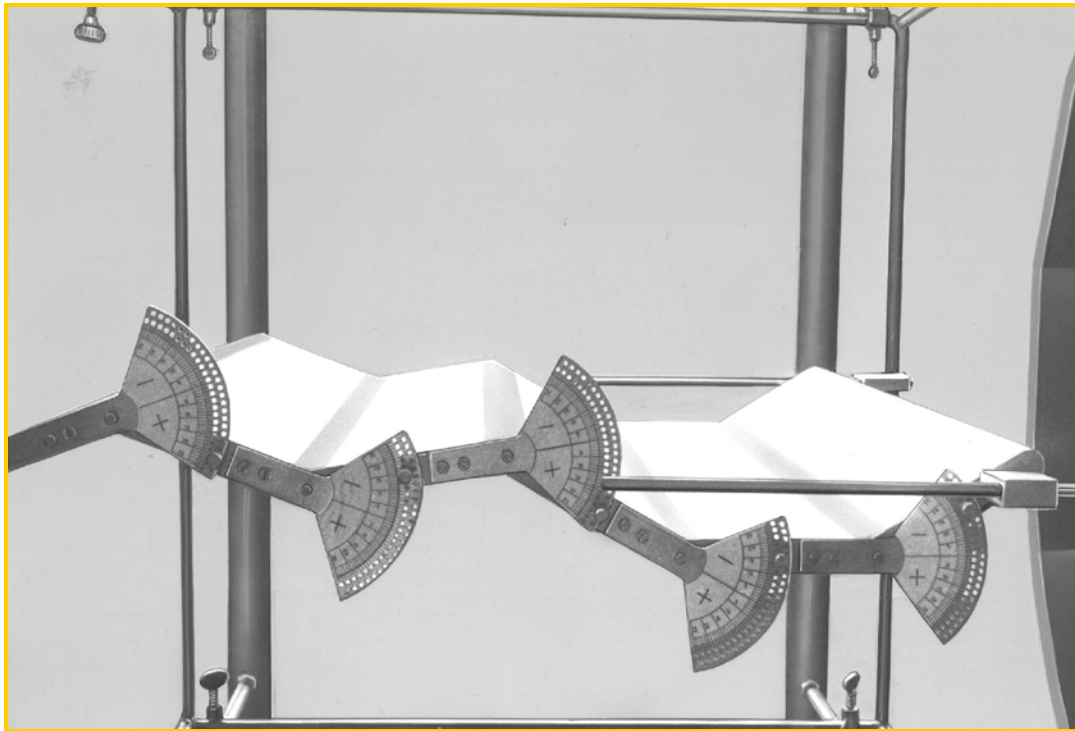
Die geschachtelte
Evolutionstrategie

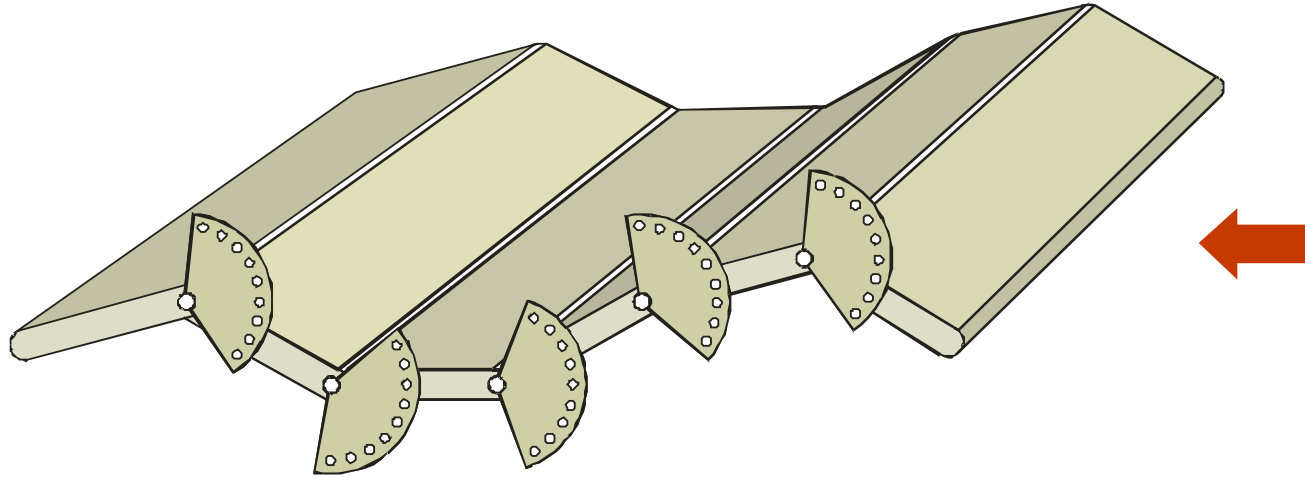
Murmelgruppen-Übung: wie lautet die Formel?



Kartenspiel: (3/2, 6)-ES

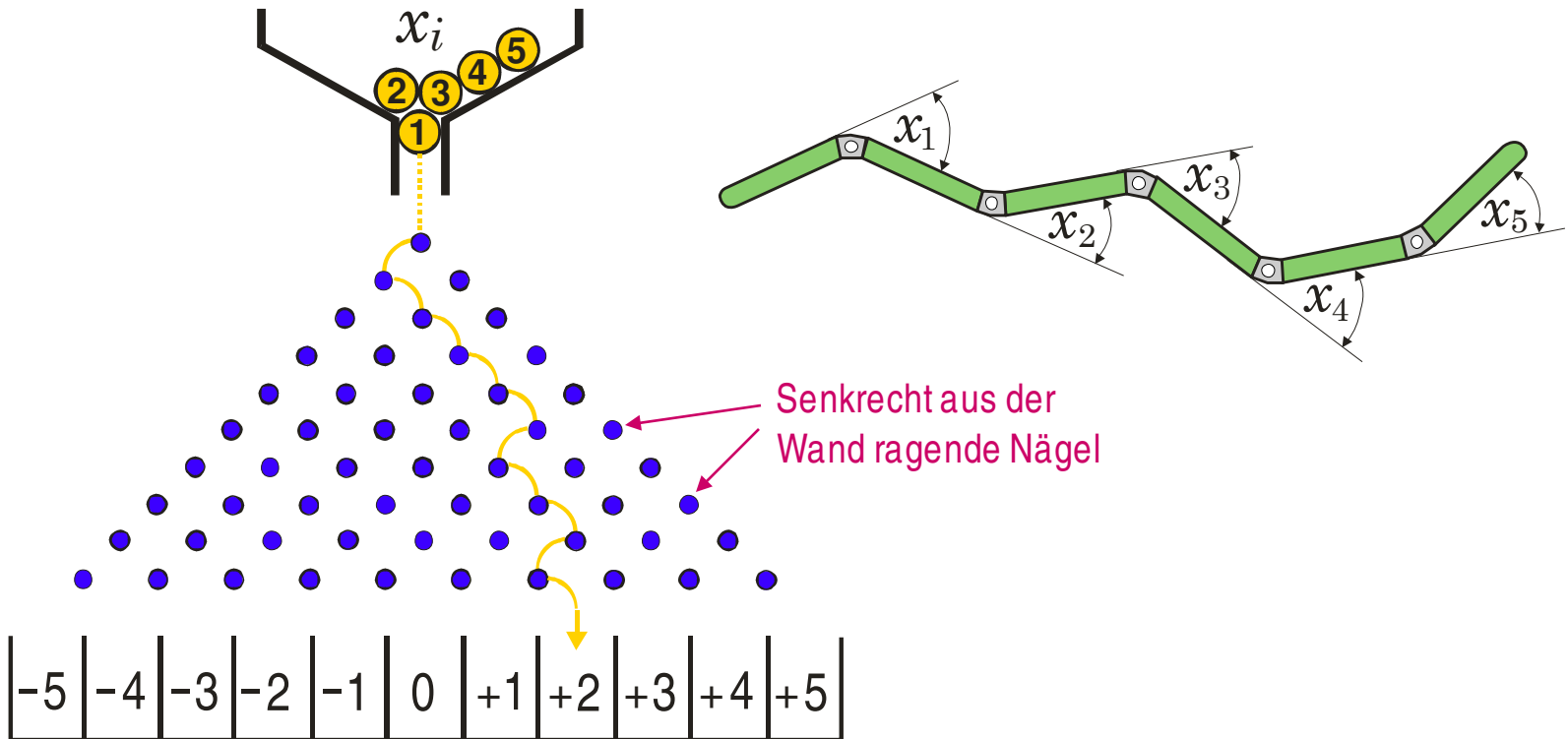
Schlüsselexperiment mit der Evolutionsstrategie 1964, I. Rechenberg





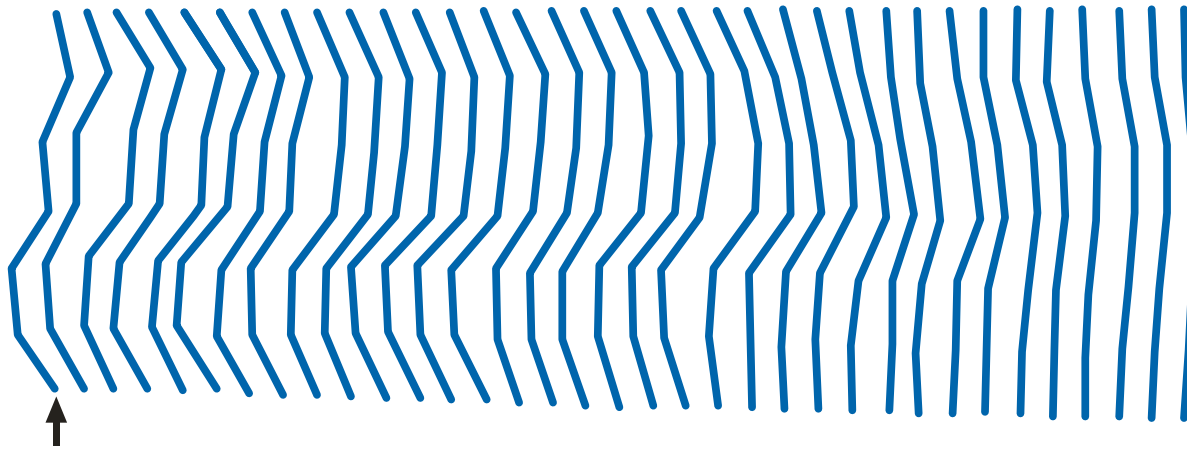
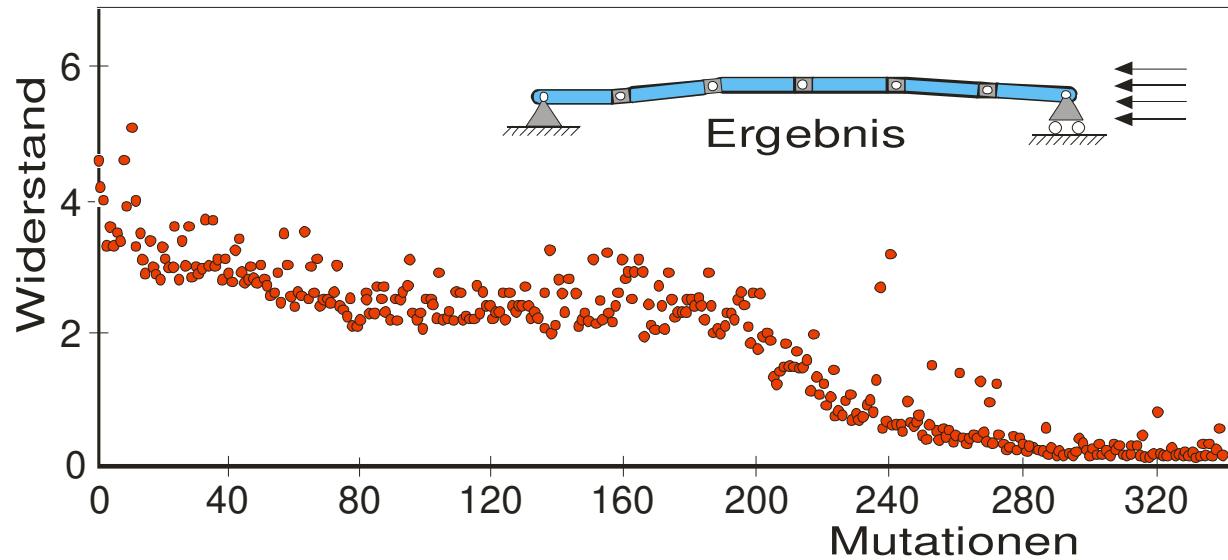
Zahl der Einstellmöglichkeiten:

$$51^5 = 345\,025\,251$$

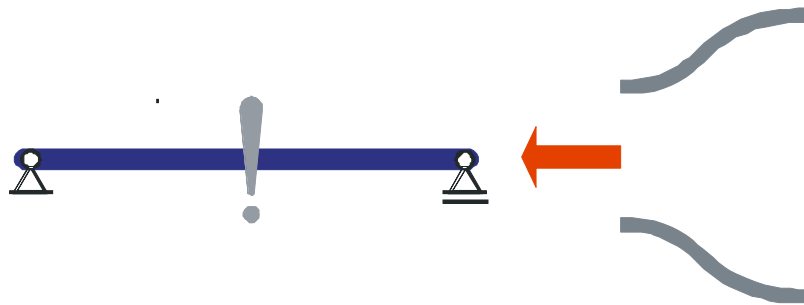


Fiktive Mutationsmaschine

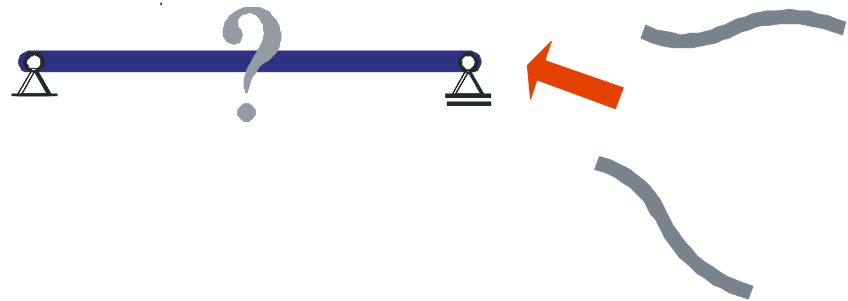
GALTONsches Nagelbrett

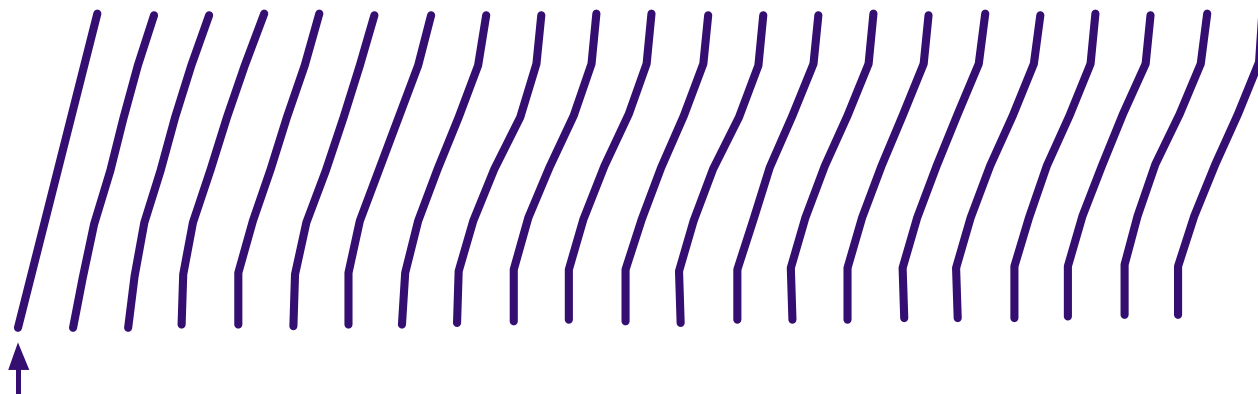
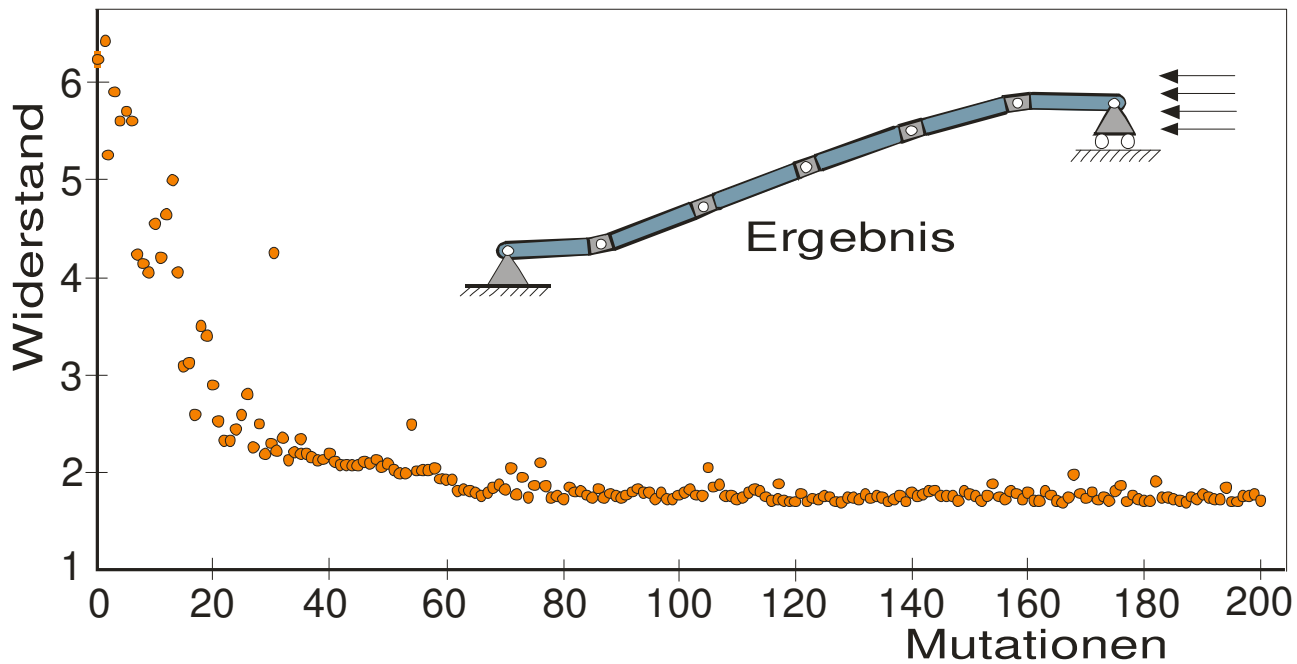


Künstliche Evolution: Gelenkplatte im Windkanal



Ändern
der
Umwelt





Künstliche Evolution: Gelenkplatte im Windkanal

Analogien - Evolutionsstrategie

Biologie

**Erbanlagen,
niedergeschrieben im DNA-
Molekül (Genotyp)**

**Sichtbares Erscheinungsbild
eines Lebewesens
(Phänotyp)**

**Zunehmende Tauglichkeit
des Lebewesens in der
Umwelt**

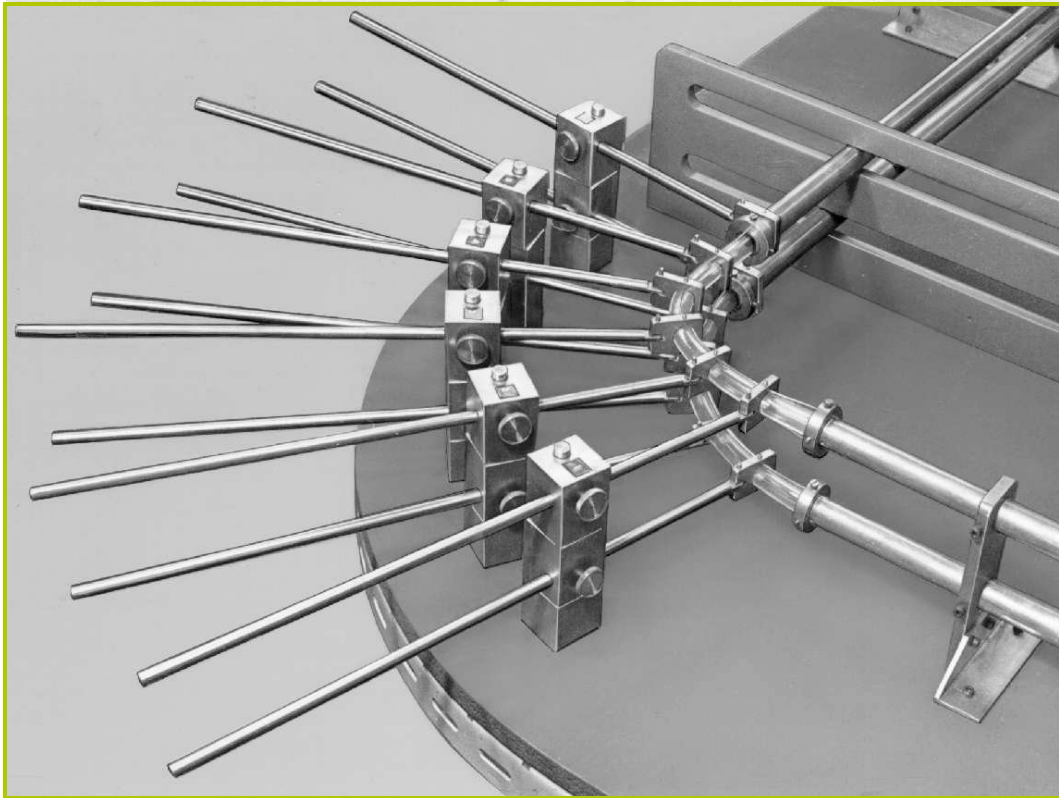


Technik

**Winkelgrade, notiert auf
einem Protokollblatt**

**Eingestellte Form der
Gelenkplatte im Windkanal**

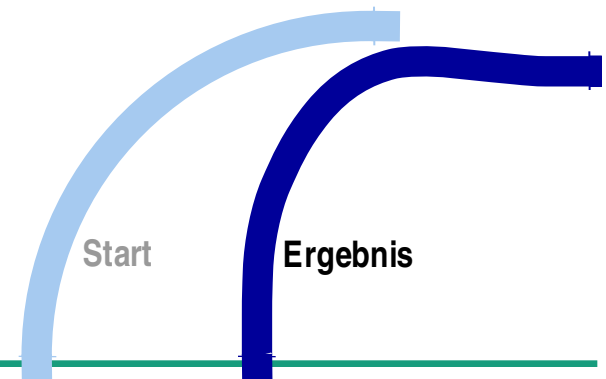
**Abnehmender Widerstand
der Gelenkplatte im
Windkanal**

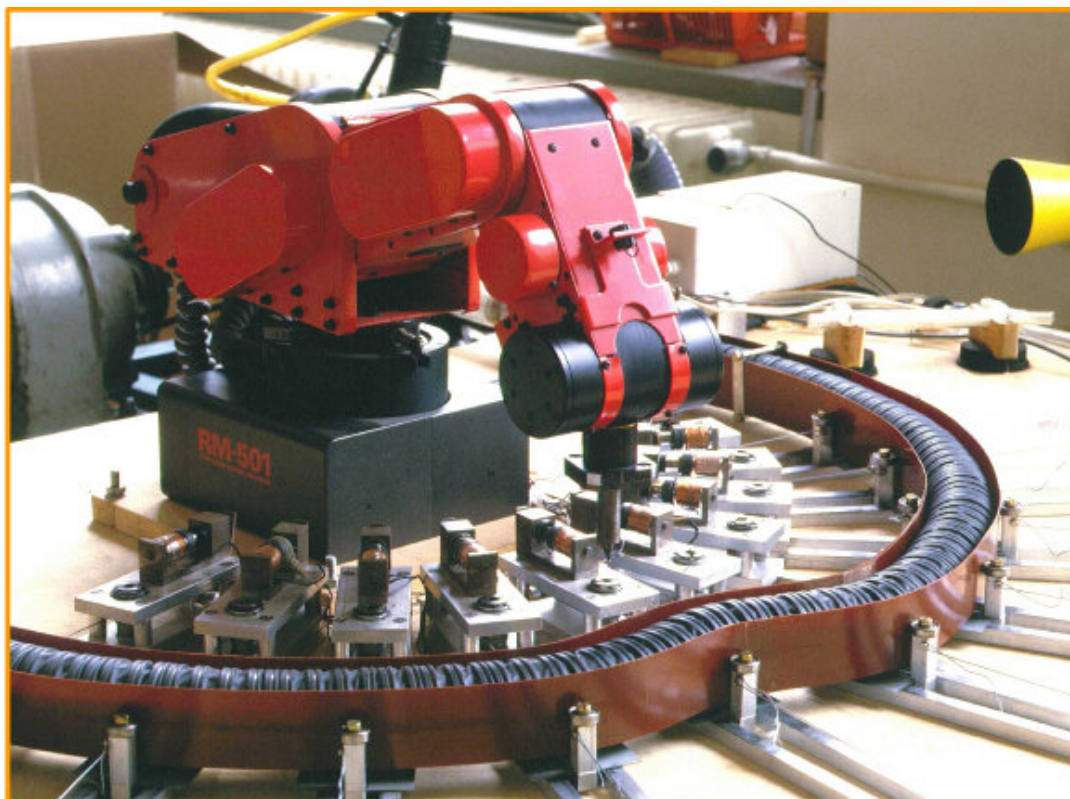


Evolution eines 90° Rohrbogens

1965

6 Hand bewegte Stangen mutieren
einen Rohrkrümmer

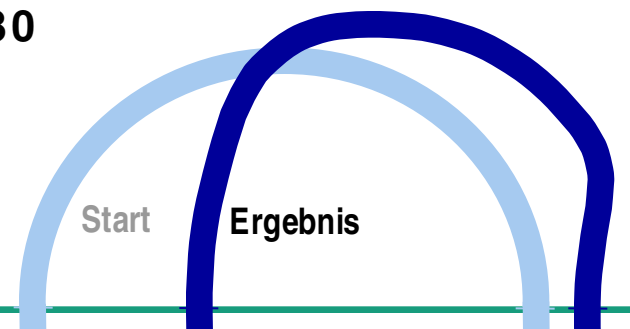


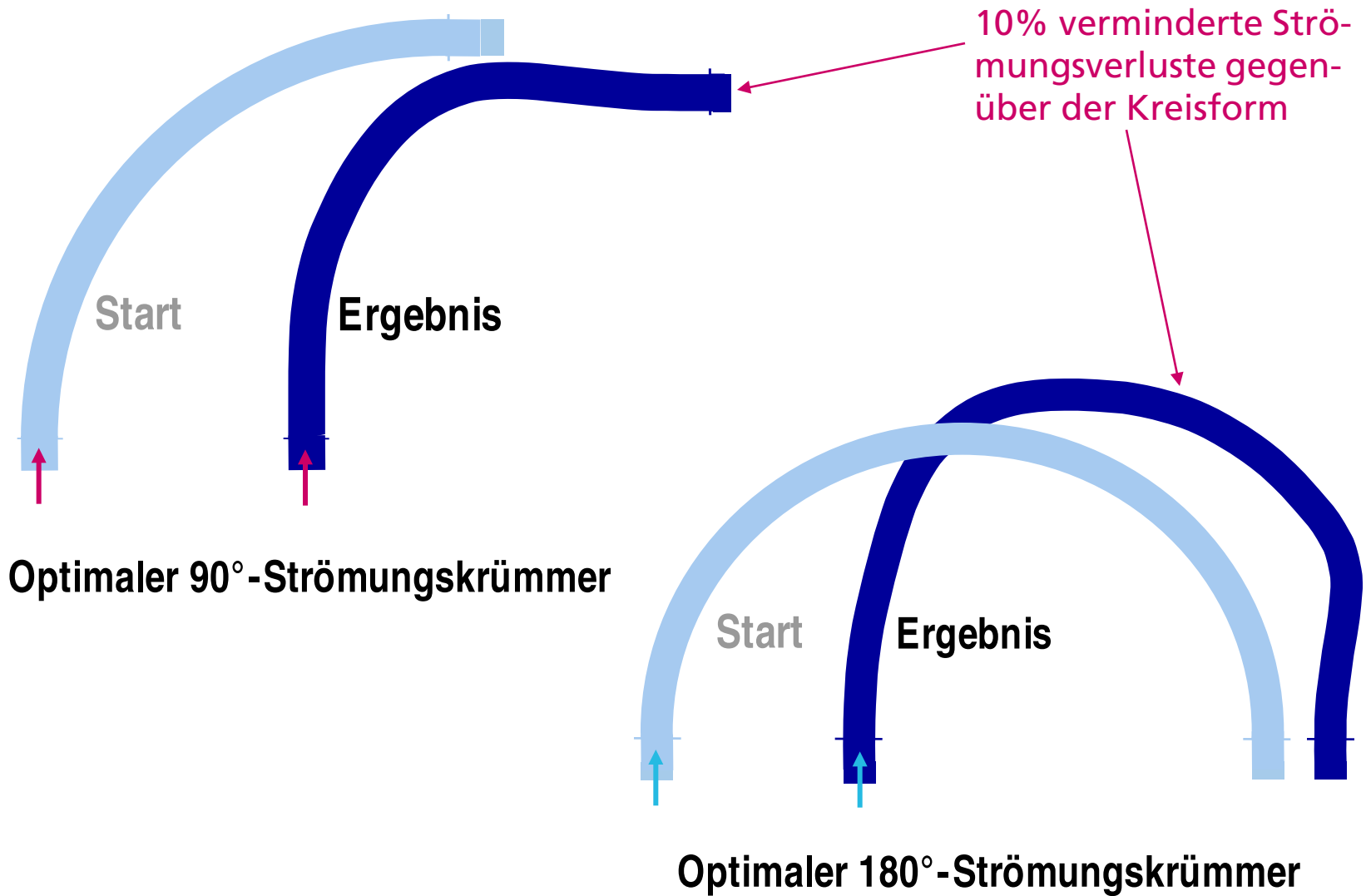


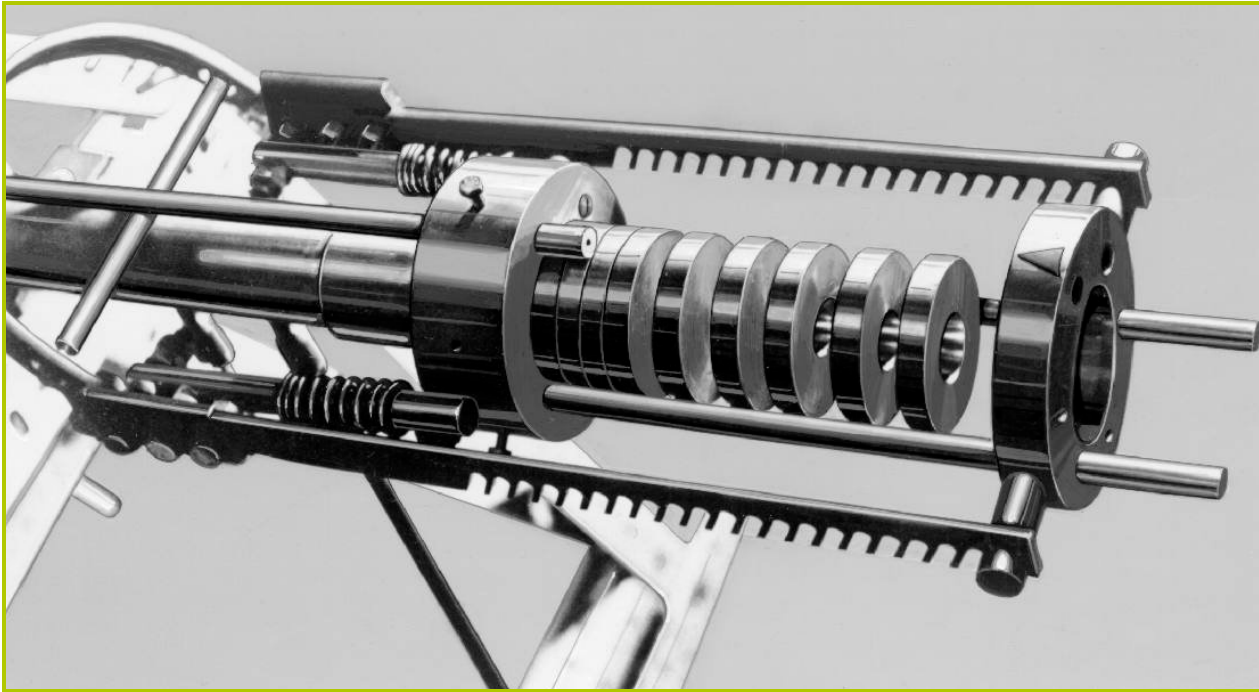
Evolution eines 180° Rohrbogens

1980

10 Roboter betätigte Seilzüge
mutieren einen Rohrbogen

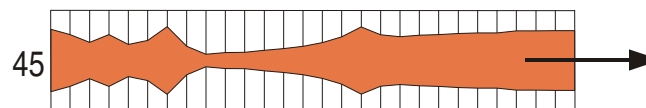
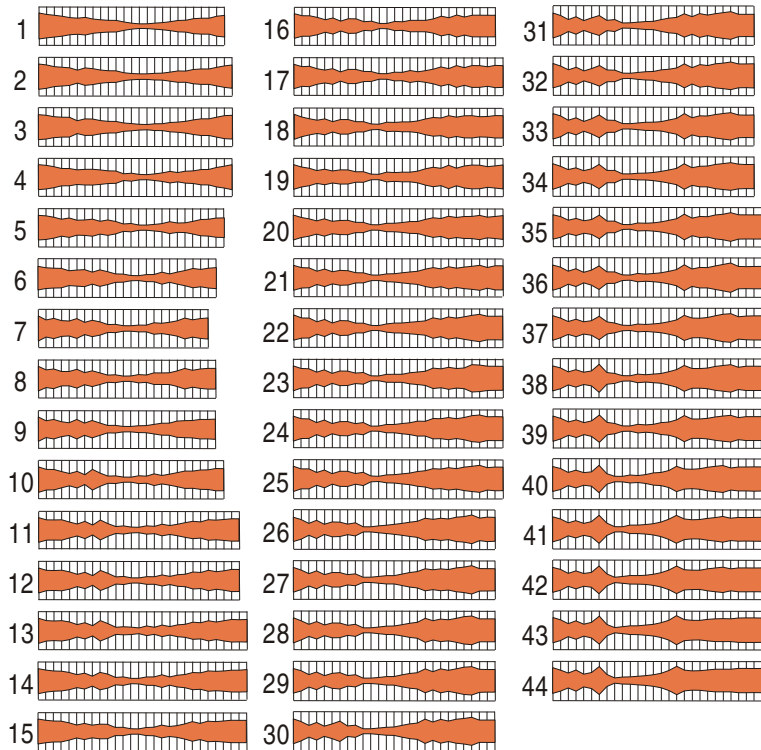
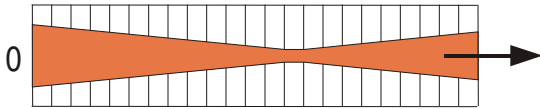






Heißwasserdampfdüse für das Evolutionsexperiment mutierbar gemacht (Experiment von Hans-Paul Schwefel)

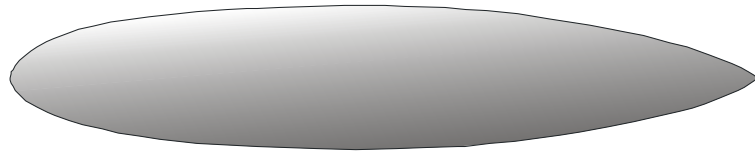
Ausgangszustand der Düse



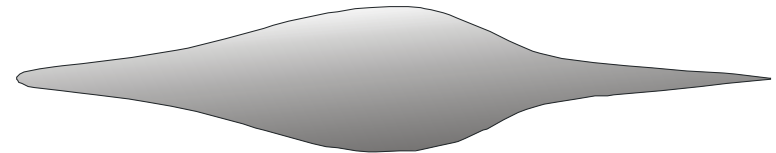
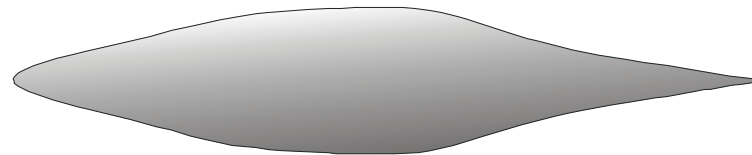
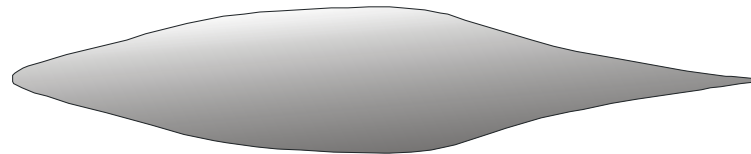
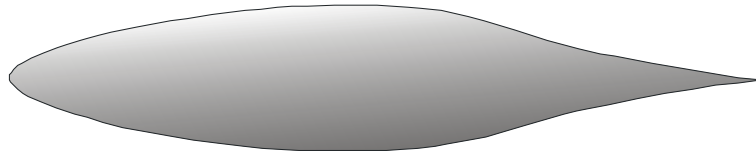
Düse Quelleder Optimierung

H.-P. SCHWEFELS
Evolutionsexperiment
mit einer
Heißwasserdampfdüse

Zu optimieren war der
Schub bzw.
Austrittsimpuls bei
konstantem
Mengenstrom



Pinebrook, US Navy



Evolution eines Rotationskörpers minimalen Widerstands
(Querschnitt und Länge des Rotationskörpers fest)

Probleme mit kontinuierlichen Parametern

Optimierung von Stabtragwerken

Aufgabenstellung und Bewertungsfunktion

Die Knoten eines ebenen Fachwerkes mit gegebener Topologie und gegebenen statischen Kräften sollen so positioniert werden, dass das Gesamtgewicht des Fachwerkes minimal wird.

- Mit Hilfe des Ritter-Schnitt-Verfahrens werden zuerst die Axialkräfte der Stäbe berechnet.
- Mit den Axialkräften und den maximalen Spannungen der Stäbe werden die Durchmesser der Stäbe so berechnet, dass bei allen Stäben die maximale Spannung auftritt.
- Das Gesamtgewicht des Fachwerkes ergibt sich aus dem Gesamtvolumen der Stäbe multipliziert mit dem spezifischen Gewicht des verwendeten Materials.

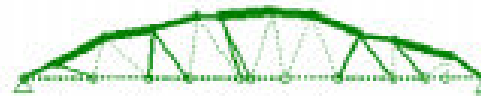


Handbuch Brücken, G. Mehlhorn, Springer 2010

Beispielslauf



1. Start (53248 kg)



5. Generation (27340 kg)



10. Generation (23483 kg)



15. Generation (20837 kg)



20. Generation (19663 kg)

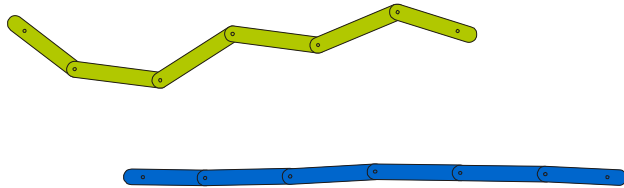


150. Generation (17777 kg)

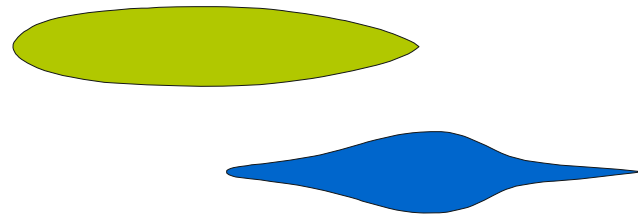
Quelle: Holger Eggert, März 1990, Diplomarbeit TU-Berlin
Gewichts- und Durchbiegungsminimierung von Fachwerkträgern durch Anwendung der Evolutionsstrategie

Es gibt viele Evolutionsstrategien

$(1+1)$ -ES



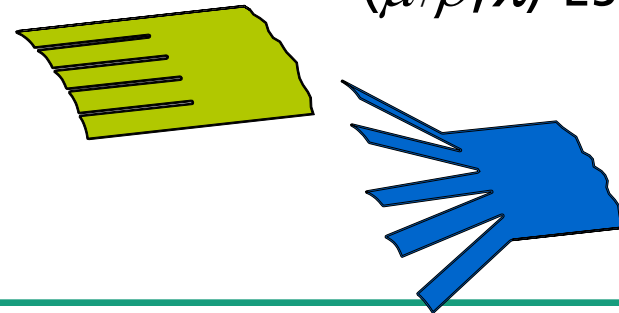
$(1,\lambda)$ -ES



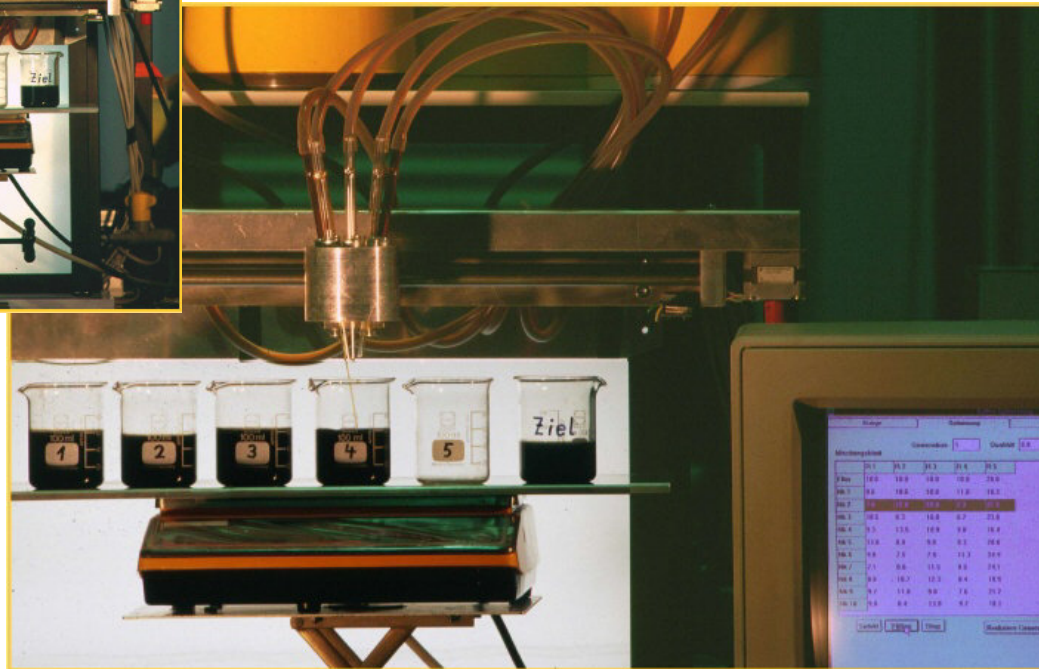
(μ,λ) -ES



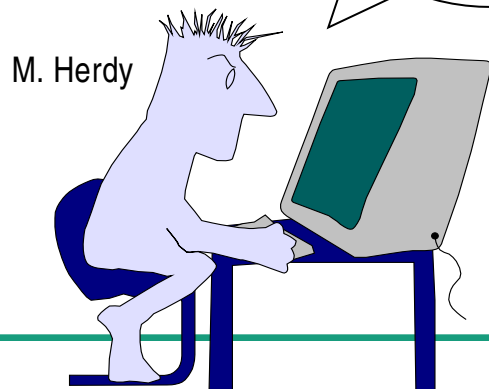
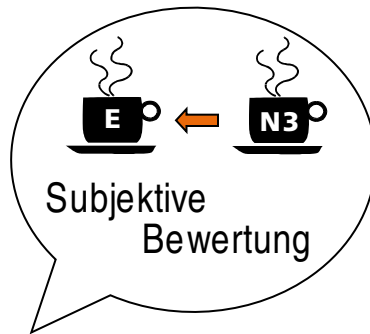
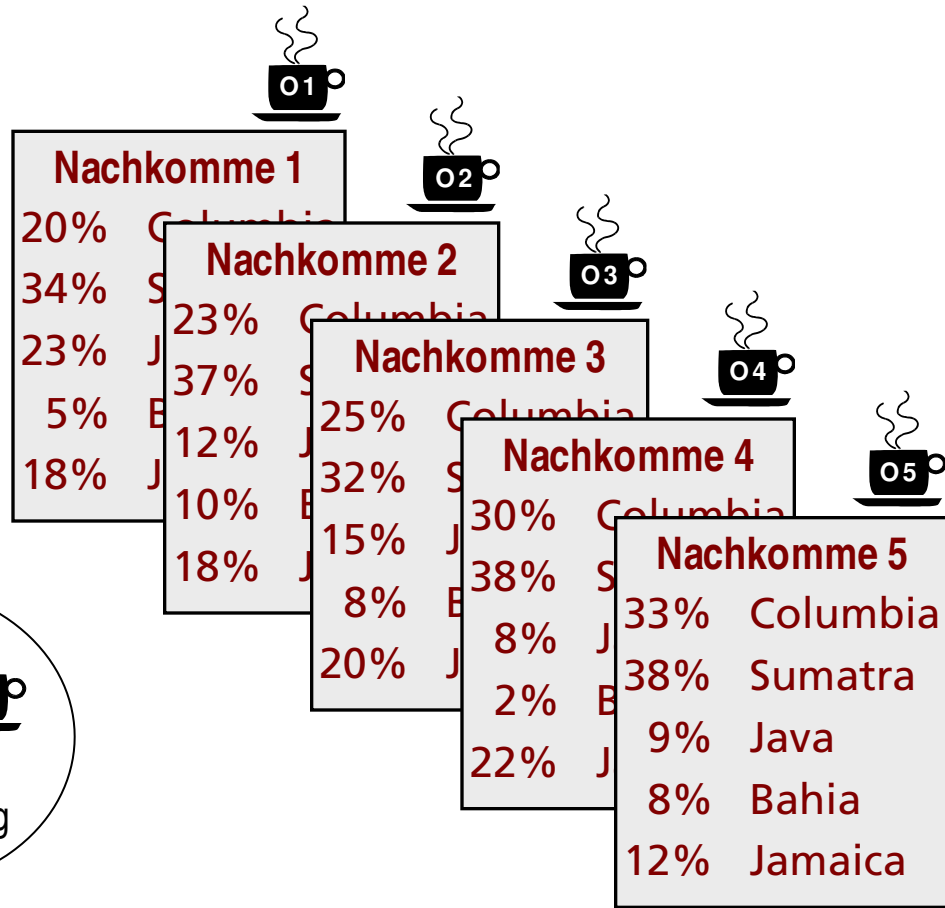
$(\mu/\rho,\lambda)$ -ES



Subjektive Bewertung Kaffee-Komposition mit der Evolutionsstrategie

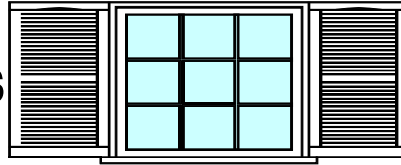


Elter	
25%	Columbia
40%	Sumatra
13%	Java
5%	Bahia
17%	Jamaica

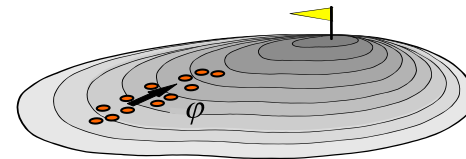
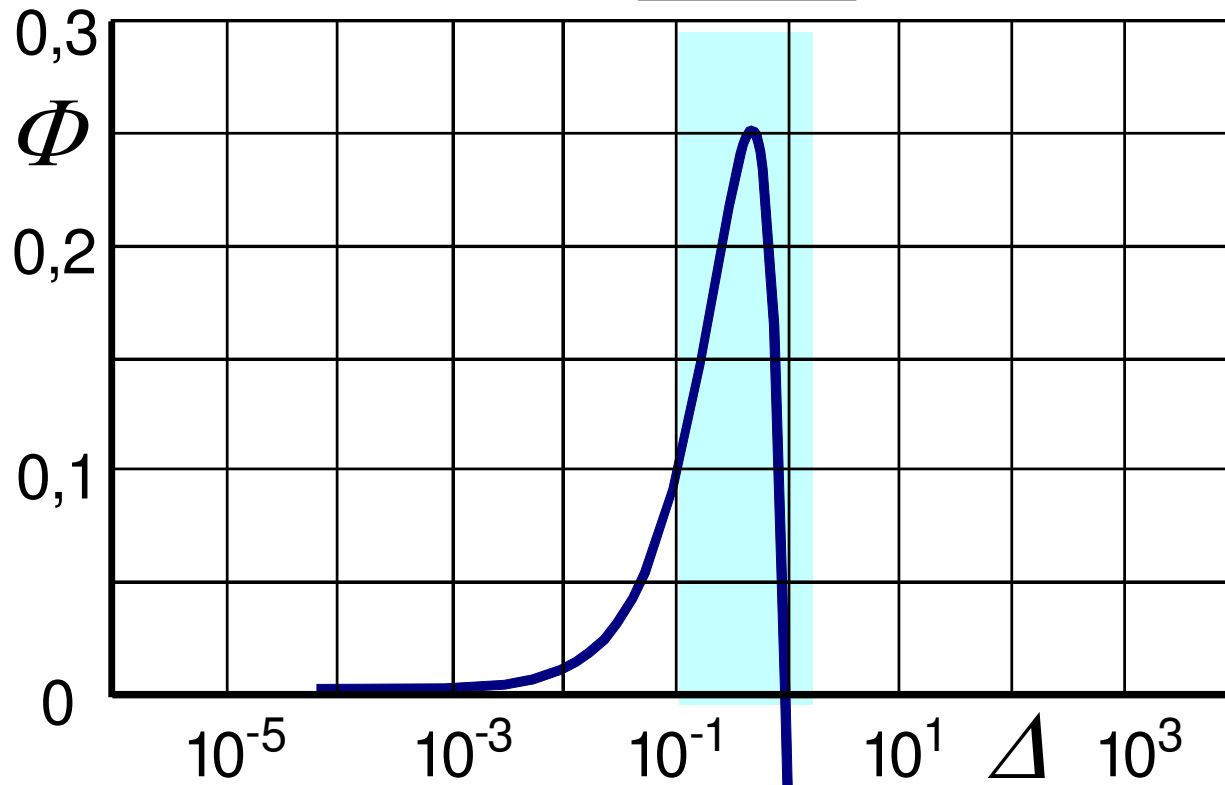


Evolutionstrategische Entwicklung einer Marken-Kaffeemischung

Evolutions

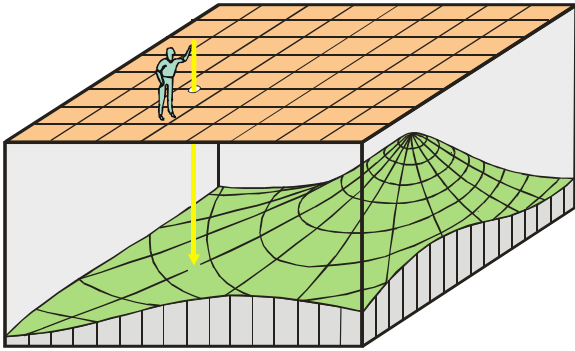


Fenster

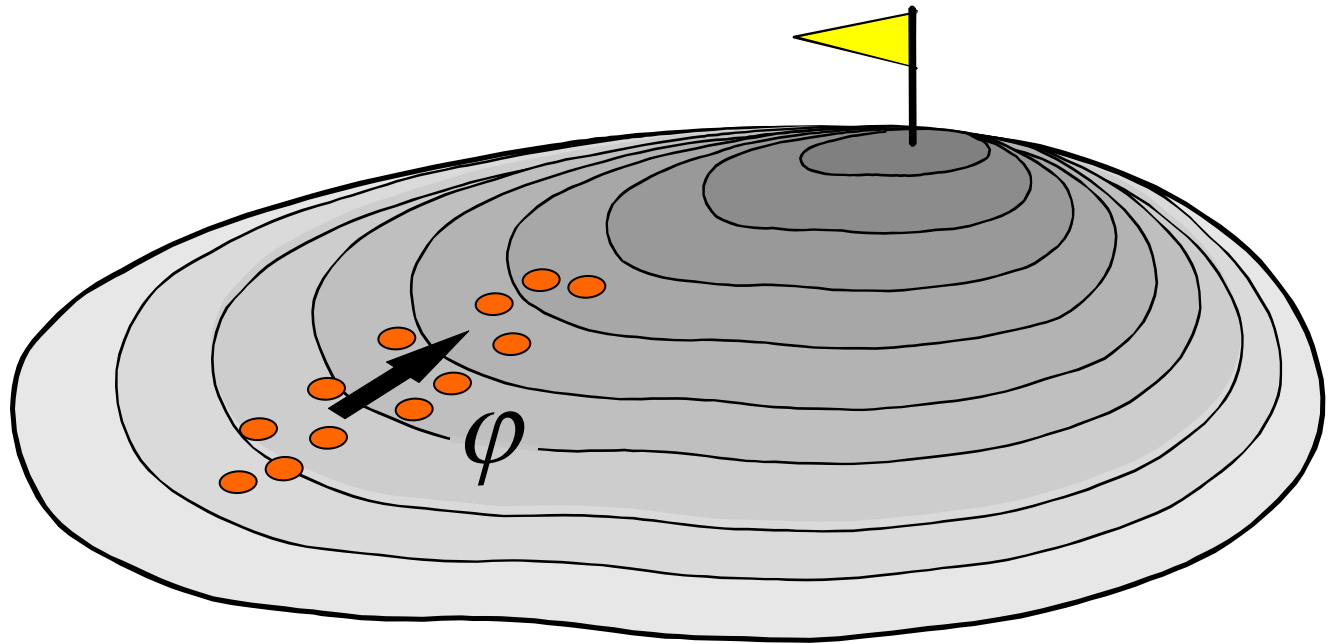


$$\Phi = \Delta - \Delta^2$$

$$\varphi = \frac{\text{Zurückgelegter Weg bergan}}{\text{Zahl der Versuche}}$$



Definition der Fortschrittsgeschwindigkeit



$$\varphi = \frac{\text{Zurückgelegter Weg bergan}}{\text{Zahl der Versuche}}$$

Kombinatorische Probleme: Magische Quadrate

Problembeschreibung

- Im Bereich der Zahlentheorie dienen die so genannten echten magischen Quadrate als Beispiel für kombinatorische Optimierungsprobleme.
- Die Zahlen von 1 bis n^2 sollen auf den n^2 Feldern eines quadratischen Gitters verteilt werden. Jede Zahl kommt genau einmal vor.
- Alle Spaltensummen, Zeilensummen und beide Diagonalsummen sollen den gleichen Wert S , die sogenannte Magische Summe, besitzen.
- Die magische Summe S ergibt sich aus der Gauß'schen Summenformel.

									369
29	28	12	75	22	38	80	44	41	369
74	21	63	6	48	27	43	73	14	369
17	19	62	72	67	68	25	3	36	369
51	37	24	11	79	69	5	53	40	369
56	9	55	77	35	16	39	59	23	369
33	76	46	52	20	64	13	47	18	369
50	54	7	34	49	26	78	1	70	369
57	65	58	10	4	30	71	8	66	369
2	60	42	32	45	31	15	81	61	369
369	369	369	369	369	369	369	369	369	369

Echtes magisches 9×9-Quadrat mit der magischen Summe $S = 369$

Magische Quadrate

Erweitertes Problem

- Für $n > 9$ wird eine zusätzliche Forderung gestellt
- An einer zufällig bestimmten Stelle wird ein 3×3 -Unterquadrat definiert (grün unterlegt im rechten Bild).
- Innerhalb dieses Unterquadrates sollen zufällig entschieden entweder die Zahlen 1, 2, ... 9 oder 1, 2, ..., 99 in ansteigender Reihenfolge erscheinen
- Mit einem der bekannten Konstruktionsalgorithmen ist dieses Problem nicht lösbar.

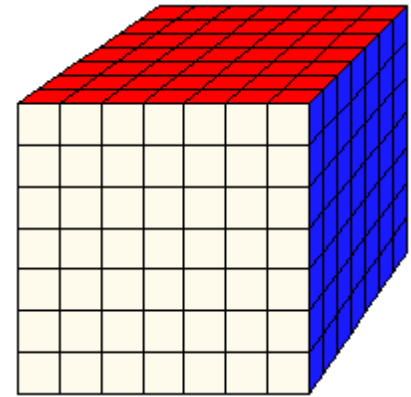
										442
12	56	25	31	35	54	6	77	98	40	434
100	52	16	50	84	70	17	93	53	58	593
57	76	39	41	27	78	46	68	1	30	463
79	99	34	20	61	4	43	8	75	72	495
22	96	89	37	26	5	42	33	44	95	489
94	59	45	80	85	21	14	9	19	47	473
92	29	66	48	86	91	13	15	63	2	505
73	81	55	24	18	90	36	64	28	3	472
83	38	10	88	11	87	69	82	97	49	614
7	74	67	71	32	23	60	62	65	51	512
619	660	446	490	465	523	346	511	543	447	395

Kombinatorische Probleme:

Rubic's Cube

Aufbau der Würfel

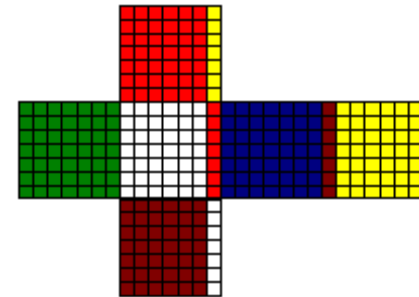
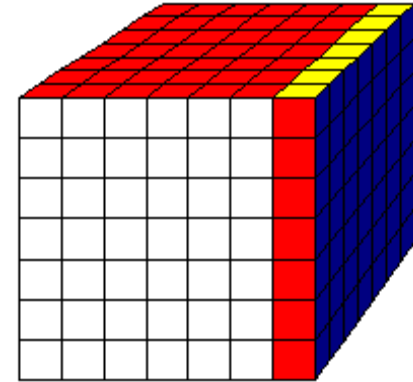
- Der 2x2x2-Würfel besteht aus nur 8 Teilwürfeln, den 8 Eckenwürfeln.
- Der 3x3x3-Würfel besteht aus 26 nach außen sichtbaren Teilwürfeln, den 6 Mittenwürfeln, 12 Kantenwürfeln und 8 Eckenwürfeln.
- Der größte bisher mit der ES gelöste Würfel, der 7x7x7-Würfel, besitzt 218 nach außen sichtbare Teilwürfel; davon 150 Mittenwürfel, 60 Kantenwürfel und 8 Eckenwürfel.



Evolution von Rubic's Cube

Mutation

- Die starke Kausalität ist bei Rubic's Cube nicht erfüllt, wenn die **Drehung einer Scheibe um 90°** als kleinste Änderung betrachtet wird. Eine solche Drehung bewirkt eine **Zustandsänderung von 4n Teilwürfeln**.
- Es wurden daher so genannte Manöver entwickelt und aus der Literatur entnommen, die kleinste Änderungen am Würfel bewirken.
- Manöver sind Vorschriften für aufeinanderfolgende Scheibendrehungen
- Es gibt z.B. Manöver zur zyklischen Vertauschung dreier Ecken oder zur Kippung zweier Kanten.



Ausführung der Scheibendrehung X7R beim 7x7x7-Würfel; es wird der Zustand von 28 Teilwürfeln geändert

Medizintechnisches Problem: Optimierung eines multiparametrischen Dosierers

Einordnung des Problems

- Definition der Parameter

Festlegung der Zielfunktion

Auswahl des Optimierungsverfahrens

- Direktes Suchverfahren
- Gradientenstrategie
- Roulette Selektion

Durchführung und Auswertung der Optimierung

Einordnung des Problems

Definition der Parameter

- S_L [μm] Stroke Length
 - D_V [$\mu\text{m}/\text{ms}$] Downstroke Velocity
 - U_V [$\mu\text{m}/\text{ms}$] Upstroke Velocity
 - H_T [μs] Hold Time
- } primäre Parameter
-
- Repetitions
 - Delay
- } sekundäre Parameter

Festlegung der Zielfunktion

Definition der Default Werte

- vom Hersteller vorgegeben
- aus früheren Messungen

Aufstellung einer Zielfunktion

$$f(x) = 40x^3 - 150x^2 + x + 0,01$$

Auswahl des Optimierungsverfahrens

- direktes Suchverfahren
- Gradientenstrategie
- Rouletteselektion

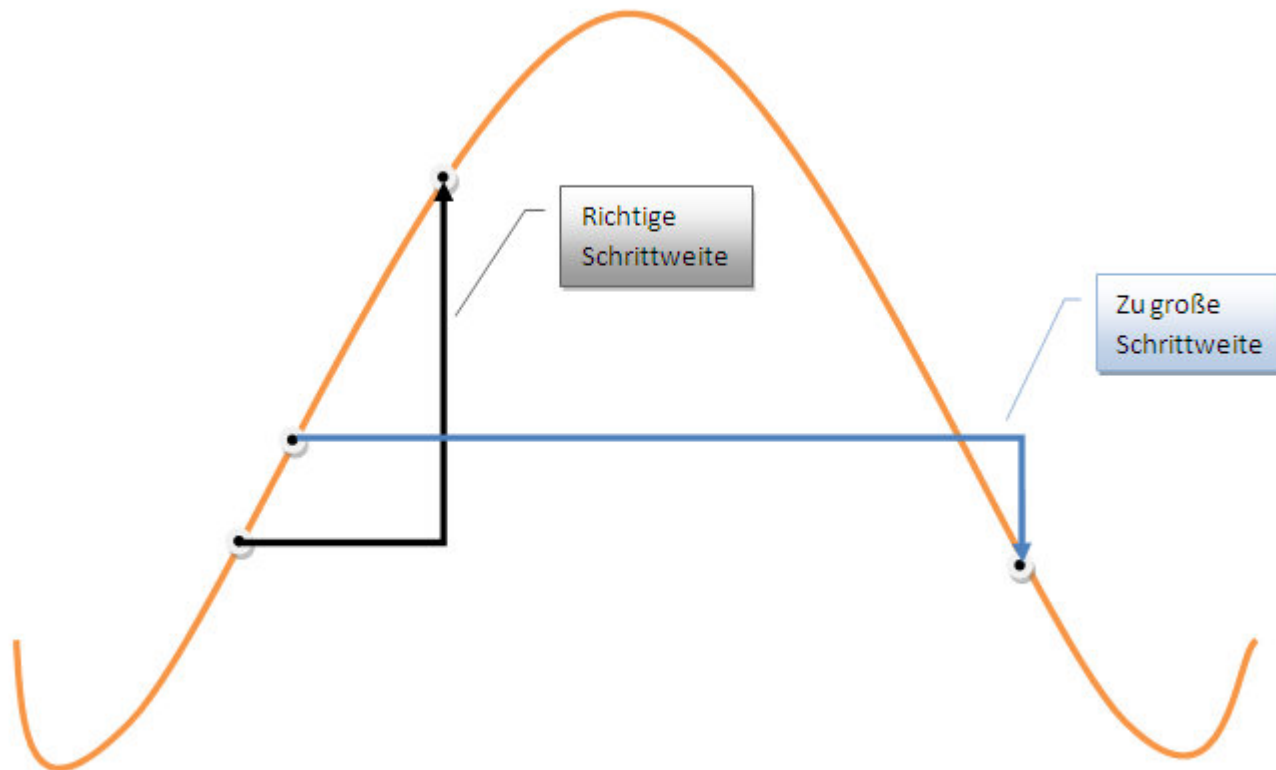
➡ Durchführung und Auswertung der Optimierung

Direktes Suchverfahren

Stroke Length [μm]	2	5	8	12	15	18	20	22	24	26	28	30	33	36	40
Downstroke Velocity [$\mu\text{m}/\text{ms}$]	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Upstroke Velocity [$\mu\text{m}/\text{ms}$]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hold Time [μs]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Stroke Length [μm]	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5
Downstroke Velocity [$\mu\text{m}/\text{ms}$]	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Upstroke Velocity [$\mu\text{m}/\text{ms}$]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hold Time [μs]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Gradientenstrategie



Was Sie aus der Vorlesung am 15.05.2013 mitnehmen sollten (1)

Definition der Evolutionsstrategie: Anwendung der "Optimierungsmethode" der Biologie bei der Optimierung technischer Systeme.

Erfinder der Strategie: Ingo Rechenberg und Hans-Paul Schwefel um ca. 1964. (Nicht zu verwechseln mit dem Entdecker der Evolution: Charles Darwin). Ersterer nutzte eine Gelenkplatte im Windkanal. Als Selektionsfaktor nahm er den Luftwiderstand, den es zu senken galt. Schwefel optimierte den Wirkungsgrad einer Zweiphasendüse.

Die Strategie funktioniert nur bei Vorliegen der starken Kausalität: kleine Ursachen haben kleine Wirkungsänderungen, ähnliche Ursachen immer ähnliche Folgen. (Gaspedal des Autos oder Lautstärkenregelung am Radio)

Eine schwache Kausalität - Kleine Ursachenänderung, große Wirkungsänderung – ist hingegen ein „deterministisches Chaos“, d.h. wenig voraussagbar (z.B. „Schmetterlingsflügelschlag, der einen Sturm auslöst“) und ist deshalb nicht für die Evolutionstheorie brauchbar.

Was Sie aus der Vorlesung am 15.05.2013 mitnehmen sollten (2)

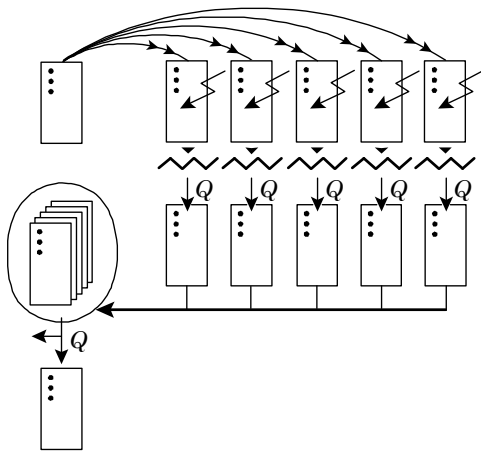
Verschiedene Ansätze, die immer komplexer werden und sich dem biologischen Vorbild immer mehr annähern (ES = Evol. Strategie):

- (1 + 1)-ES: 1 Elter hat 1 (mutiertes) Kind, der bessere von beiden wird selektiert und wird Elter der nächsten Generation
- (1, λ)-ES: 1 Elter hat λ (mutierte) Kinder, das beste der Kinder wird selektiert und wird Elter der nächsten Generation (wenn „+“ steht dann konkurriert der Elter noch mit den Kindern um die besten Eigenschaften, also Elter oder Kind darf sich „fortpflanzen“)
- (μ , λ)-ES: μ Eltern haben λ (mutierte) Kinder, die besten Kinder werden selektiert und werden Eltern (Anzahl entsprechend μ) der nächsten Generation
- (μ/ρ , λ)-ES: die Eltern kombinieren ihre Eigenschaften zufällig, die besten der (zusätzlich noch mutierten) Kinder werden selektiert und werden zu den Eltern der nächsten Generation.

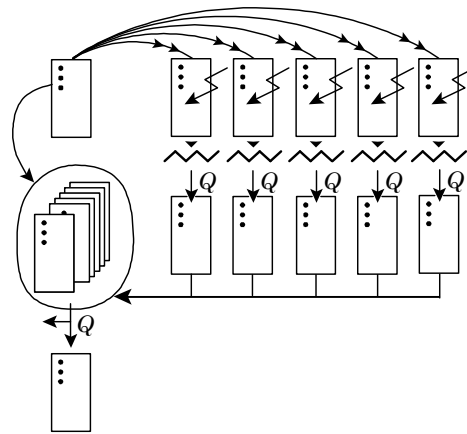
Rechnerisch ist auch eine Rekombination der Eigenschaften von mehr als 2 Eltern möglich, was in der Natur nur bei Viren entdeckt wurde, aber in der ES hervorragende Ergebnisse hervorbringt – hier sogar für schwache Kausalitäten!

Wichtig ist die Stärke der Mutation. Wenn zu stark oder zu wenig mutiert wird, führt das im ersten Fall Weg von einem Optimum, im zweiten Fall wird es nur sehr langsam oder nie erreicht. Das „Evolution Fenster“, wo die optimale Schrittweite

Was Sie aus der Vorlesung am 15.05.2013 mitnehmen sollten (3)

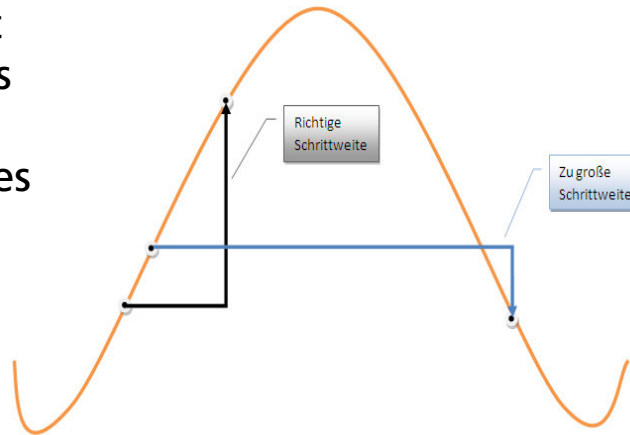


Kartenspiel: (1 , 5) - ES

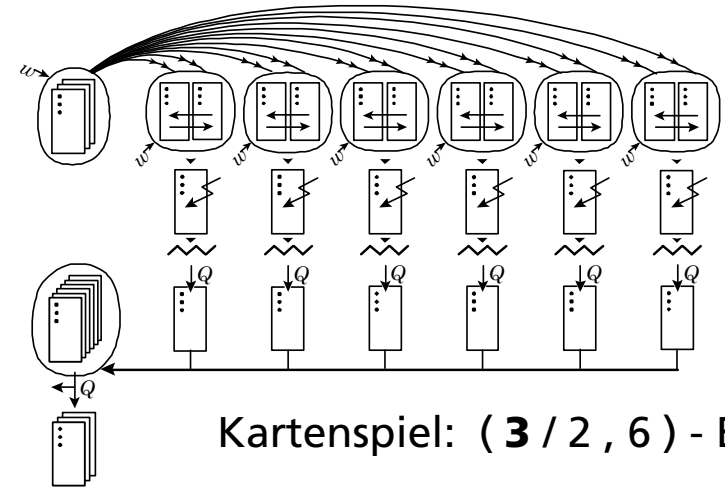


Kartenspiel: (1 + 5) - ES

der Veränderung liegt, ist vergleichsweise schmal. Es macht auch Sinn, die Schrittweite im Laufe eines Evolutions-verlaufs zu verändern: Bei Beginn größere schritte, gegen Ende – am Gipfel des Optimums – kleinere, weil sonst geht es wieder „abwärts“.

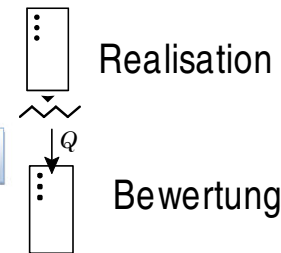


Graphische Darstellung des Evolutionsfensters

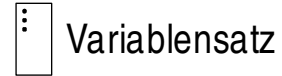


Kartenspiel: (3 / 2 , 6) - ES

Spielzeichen der ES:



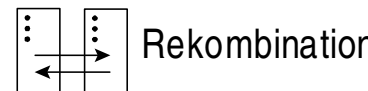
Selektion



Variablensatz



Mutation



Rekombination

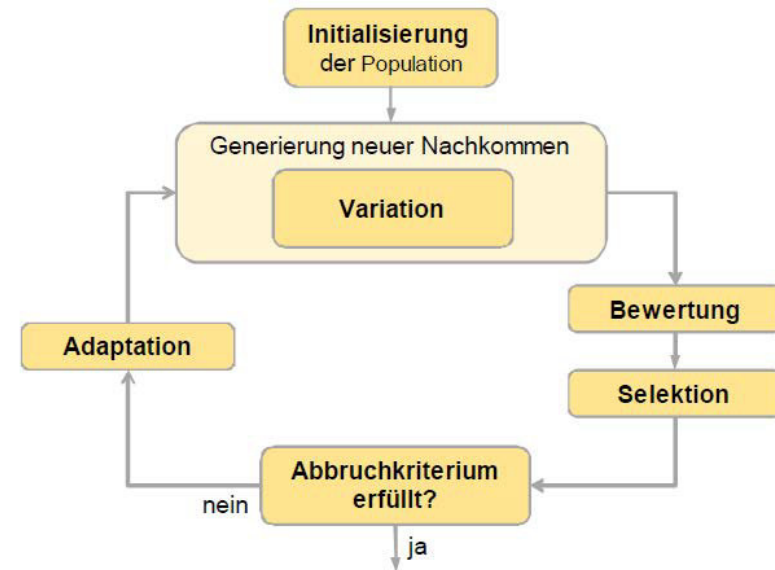
Was Sie aus der Vorlesung am 15.05.2013 mitnehmen sollten (3)

•Fragen vor Beginn einer Optimierung

- Was will ich optimieren, welches ist mein
- Optimierungsziel?
- Gibt es mehrere Optimierungsziele? Welche Ziele sind mir dann am wichtigsten?
- Wie kann ich an meinem Optimierungsobjekt Veränderungen durchführen?
- Sind die Änderungen - stark kausal?
- Wie kann ein variiertes Objekt (effizient) bewertet werden? (physikal. Messwerte)
- Habe ich meinem Modell genügend Freiheiten gegeben, um auch Innovationen erhalten zu können?

Beispiele für erfolgreiche Anwendung des Algorithmus und des jeweiligen Bewertungskriteriums:

- Gelenkplatte im Windkanal / Luftwiderstand (Schlüsselexperiment mit der Evolutionsstrategie 1964, I. Rechenberg)
- Düsenform (H.-P. Schwefel) / Beschleunigung des Inhalts
- Rohrkrümmung / Strömungswiderstand
- Finden *des typischen* Kaffeegeschmack aus e. Mischung von Kaffeesorten/ subjektiver Geschmack
- Einstellung von multiparametrischen Dosierprozessen/ v, t, a, Eindrücktiefe,
- Evolution eines Rotationskörpers / minimaler Widerstand
- Magisches Quadrat, Rubic's Cube/



Ablaufschema der Evolutionsstrategie

Porifera & Bionik

Prof. Franz Brümmer

Medizintechnik

Wintersemester 2013/2014

Bionik („bionics“)

- Begriff 1961 von Steele geprägt
- „Technische Umsetzung von Prinzipien der Natur“
- Natur?
- Reihenfolge beachten! (was braucht man zur Umsetzung?)
- Bestimmte Vorgehenskette der Bionik

Umsetzungskette Bionik

- **Erforschen** der belebten Welt und Erkennen von Struktur-Funktions-Beziehungen
- **Abstraktion** allgemeiner Prinzipien aus den biologischen „Originaldaten“
- Adäquate **Umsetzung** allgemeiner Prinzipien bis zur Realisation

Bionik

Technische Umsetzung von Prinzipien der Natur (Nachtigall, 1970)

Bionik als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme (VDI, 1993)

Bionik bedeutet die Entschlüsselung von Erfindungen der belebten Natur und ihre technische Umsetzung (Hansen, 1999)

Bionik bedeutet ein Lernen von den Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien der Natur für eine positive Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik (Nachtigall, 2002)

Technische Biologie

- eine Betrachtungsweise und eine Forschungsdisziplin
- betrachtet Konstruktionen und Verfahrensweisen der belebten Welt aus dem Blickwinkel der Ingenieurwissenschaften und technischen Physik
- erforscht biologische Substrate
- Technische Biologie ist Mittlerin zw. technischem Wissen und biologischer Erkenntnis
- ist eine biologische Disziplin
- die Technik hilft der Biologie
- früher als Biotechnik bezeichnet

(Nachtigall, 2010)

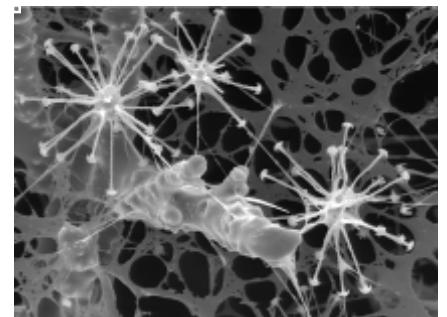
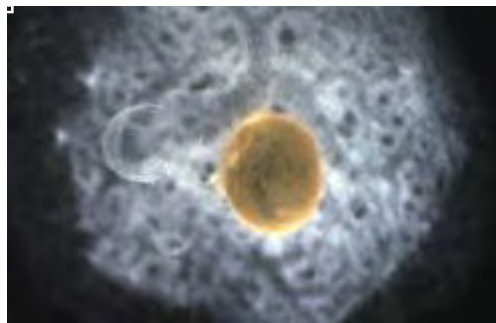
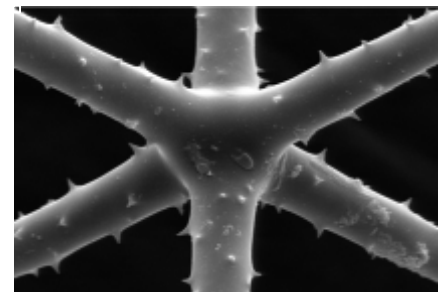
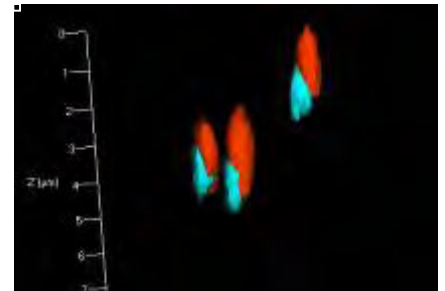
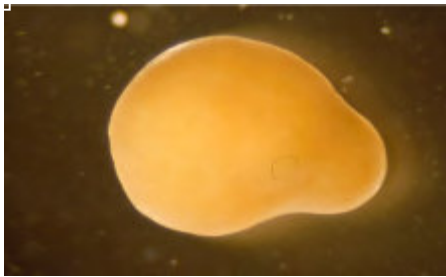
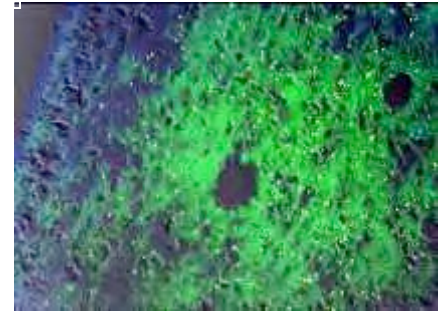
Technische Biologie & Bionik (TBB)

- stehen nicht beziehungslos nebeneinander
- Bionik baut auf den Forschungsergebnissen der Technischen Biologie auf
- Dem Anwenden muss das Erkennen vorausgehen
- Endziel: jeweils technische Umsetzung
- Design & Kreativität(straining)

Beispiele

- Lithophaga, Toredos Bohren,
 - » Bohrkopfdesign,
- Fungia Leichtbau, Selbstreinigung, Biomineralisation
 - » Implantate, Knochenersatz
- Haliotis Kompositmaterial, Perlmut, hierarchischer Aufbau;
- Hexactenillida Leichtbau, Biomineralisation
 - » Lichtleiter, Kompositmaterial, Leichtbau, Stützbauwerk
- Demospongiae (Keratosa): Filtrierer; Wasserfluss durch Schwamm
 - » Filterfkt., Stützskelett, Pumpen

The biological system *sponge* - the consortium



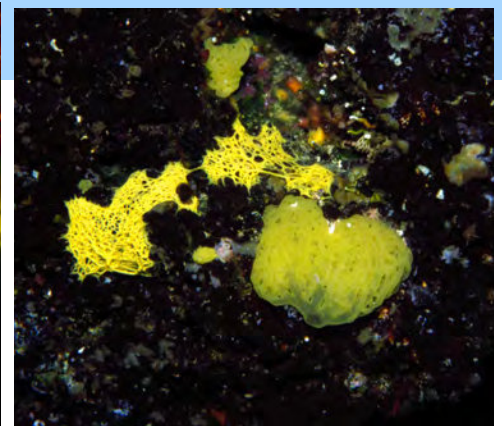
PORIFERA (Schwämme)

- Badeschwämme (GR, TÜR, FL)
- ca. 7.500 Arten (200 Süßwasser)
- vor 500-800 Mio Jahren
- einfache, echte Vielzeller
- sessil, überwiegend marin, „Nadel“-Skelett
- aktive Filtrierer, innere Strudler
- Choanocyten (Kragengeißelzellen)
- keine Gewebe, echte Epithelien
- Assoziierte Organismen
- Sekundärmetabolite (bioaktive Substanzen)
- u.a. als Fraßschutz

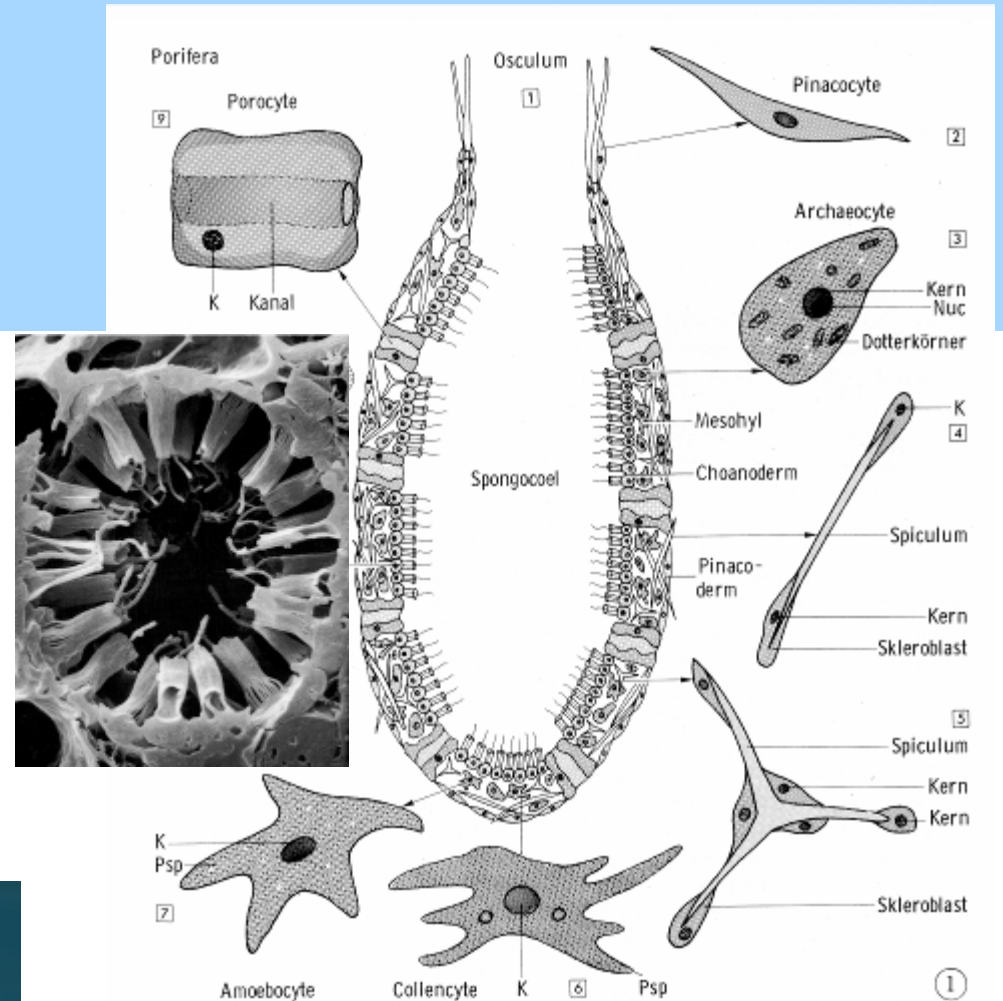
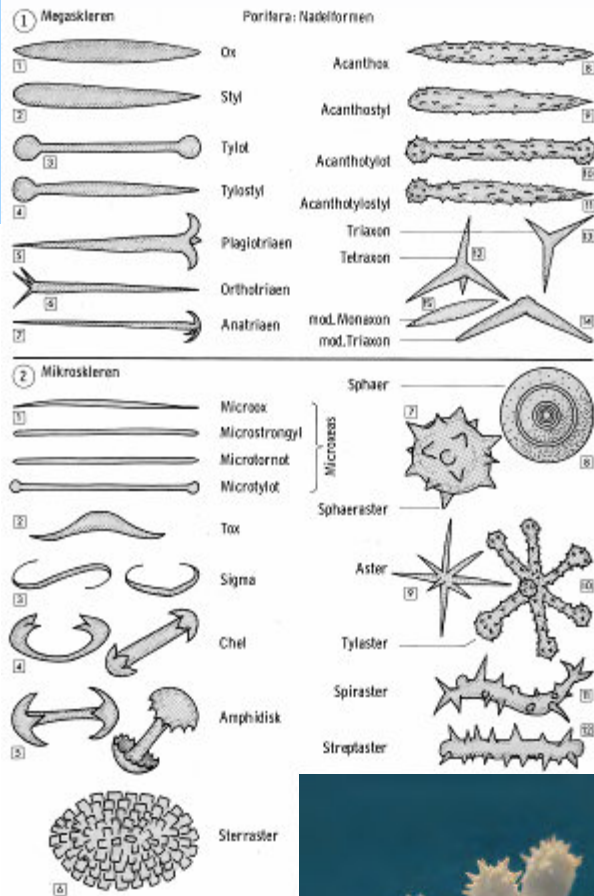


PORIFERA (Schwämme)

- 3 Klassen:
 - Hexactinellida,
 - Calcarea,
 - Demospongiae (95% aller Schwämme)
- Unterschiede im Skelett; Spicula
- Unterschiedliche Habitate



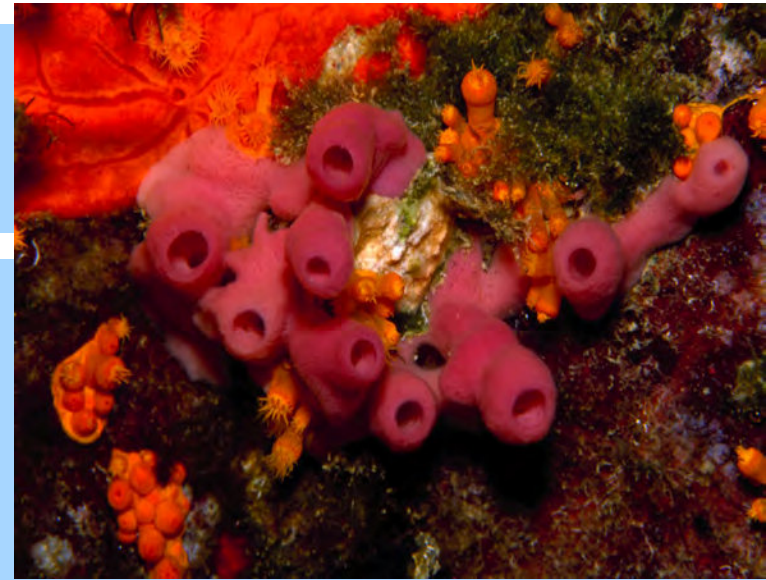
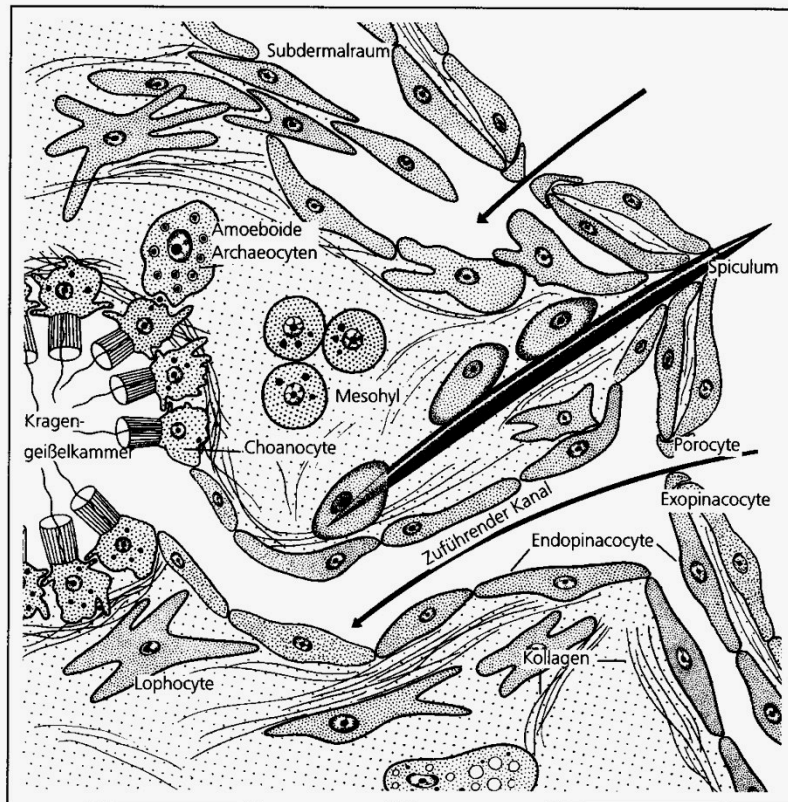
Schwamm-Biologie



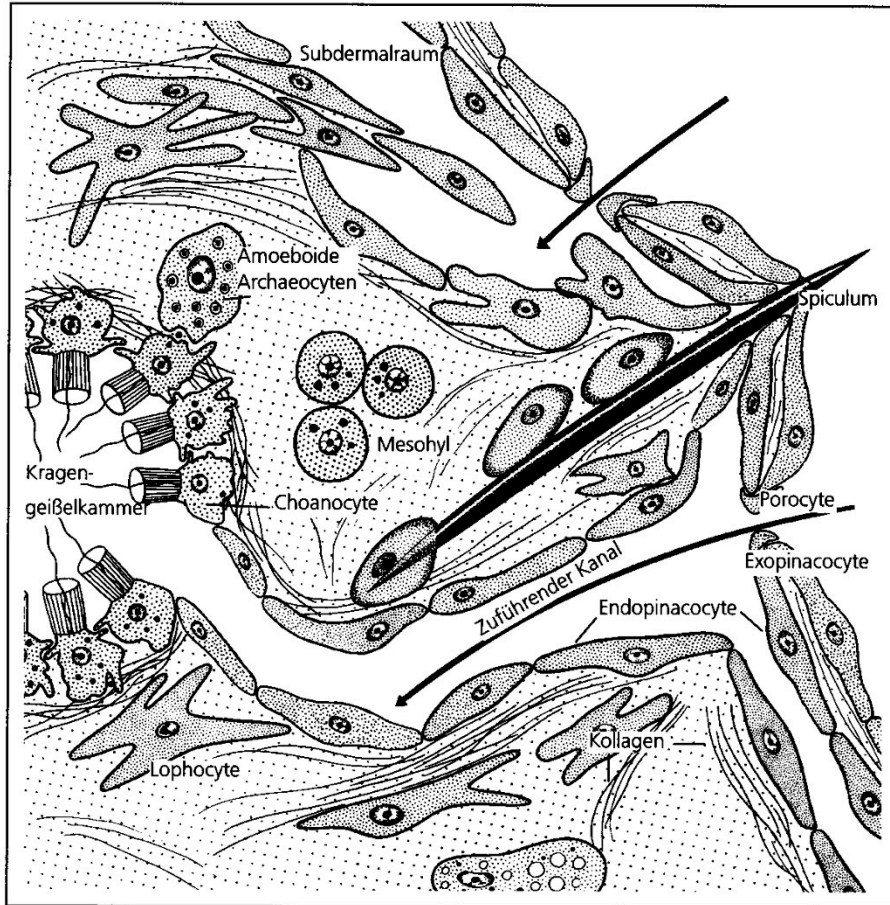
Tafeln aus: Möhn, 1984.

REM: aus Weissenfels, 1989 und Eye of Science, 2001

Schwamm-Biologie: Zelltypen & Ernährung



Sponge skeleton



aus: Westheide & Rieger, 1996

As a whole, poriferans have diverse skeletal elements including

- calcareous laminae,
- organic filaments and
- siliceous and calcareous spicules.

Sponges, like all animals, possess some sort of a skeleton that gives their bodies shape.

The skeletons of each of the major poriferan groups are distinctive.

PORIFERA (Sponges)

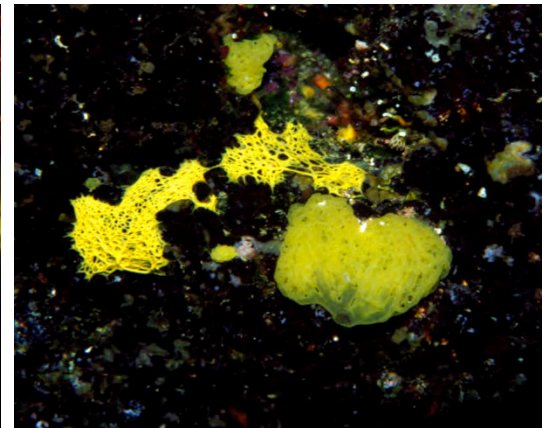
- 3 classes:

- Hexactinellida (Glass sponges)

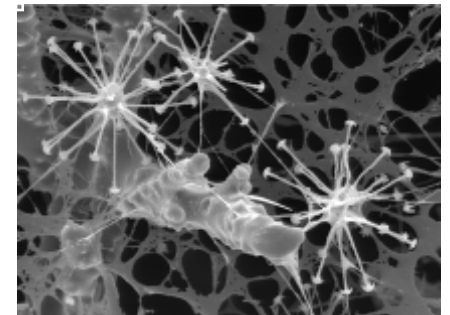
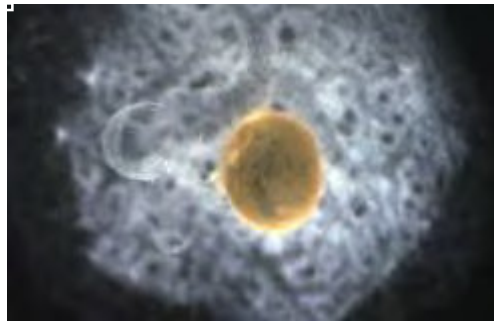
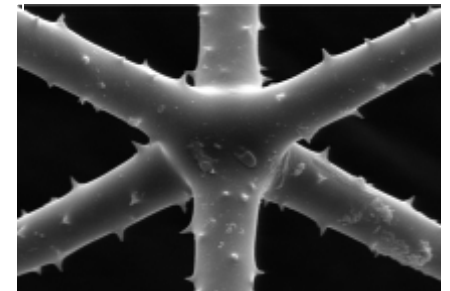
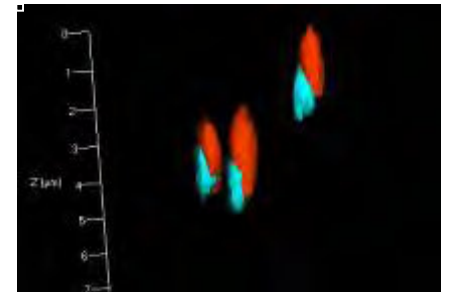
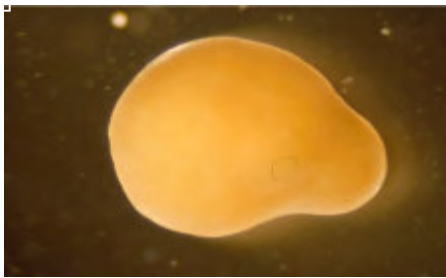
- Calcarea (Calcareous sponges)

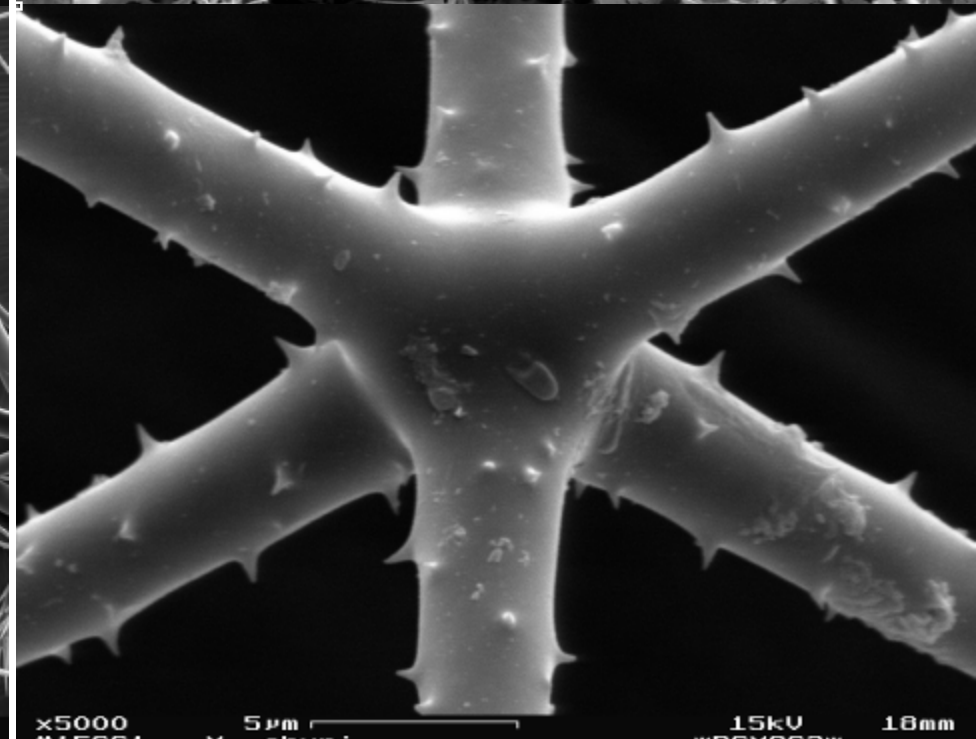
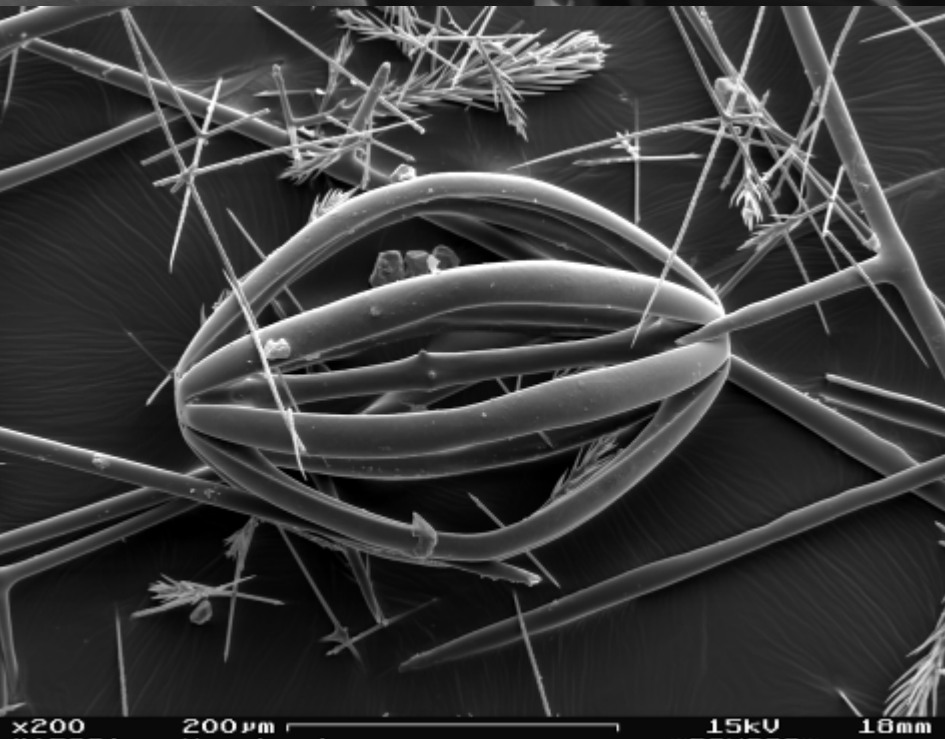
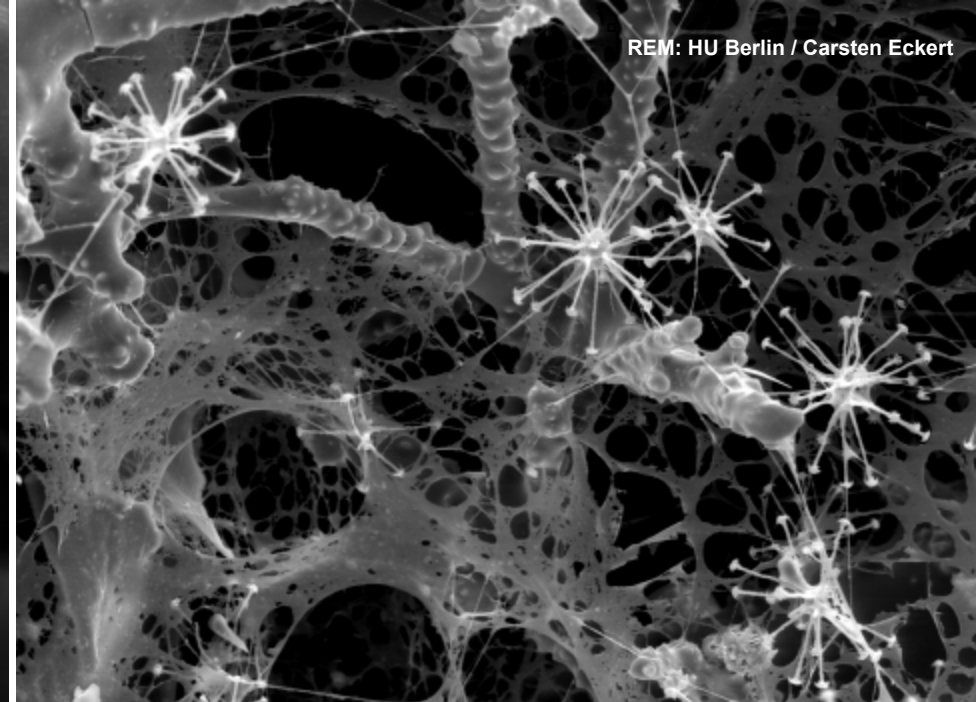
- Demospongiae (Demosponges) 90% of all sponges

- Differences in skeleton & spicules
- Differences in habitats



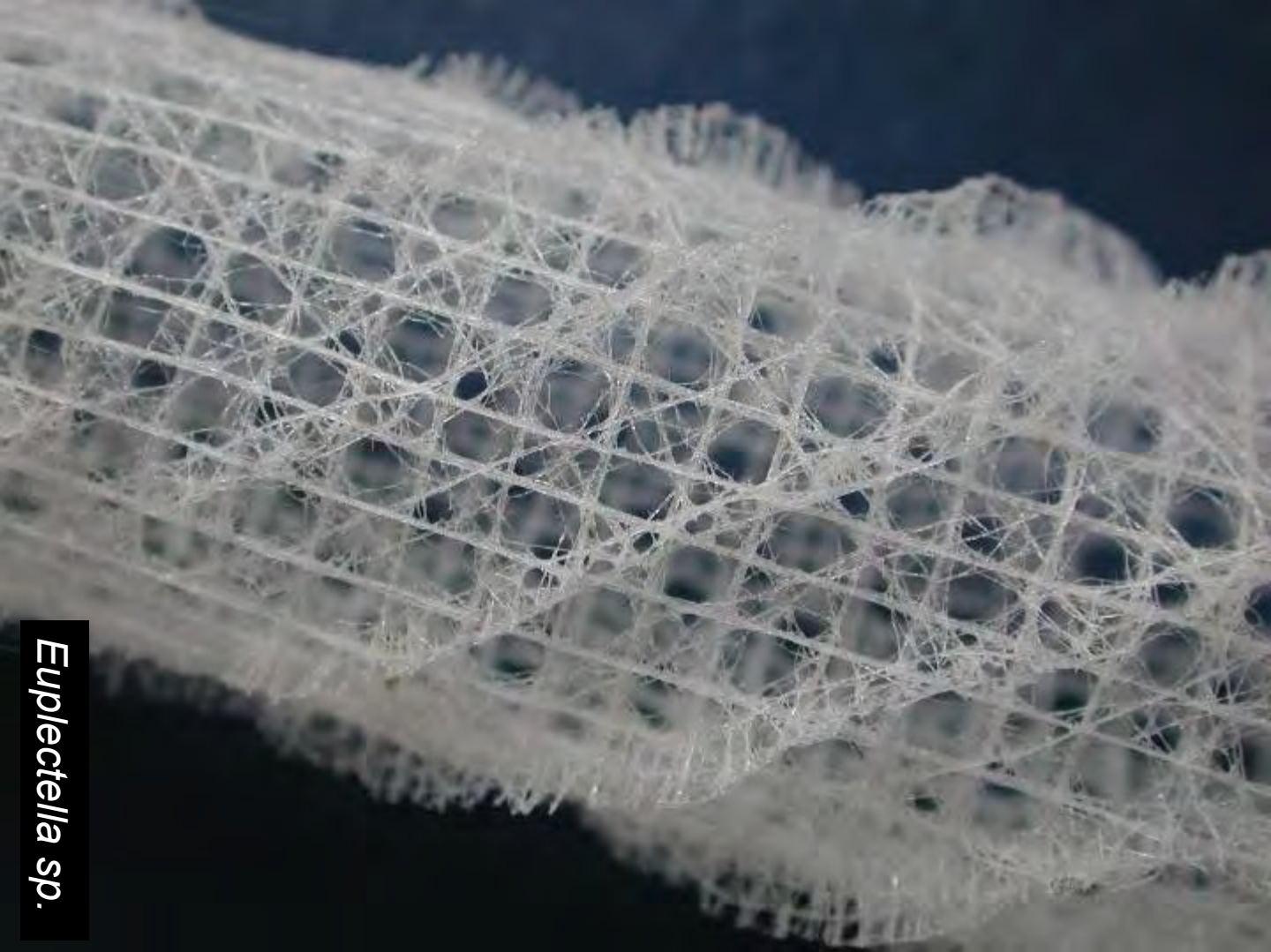
The biological system *sponge* - the consortium





Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization



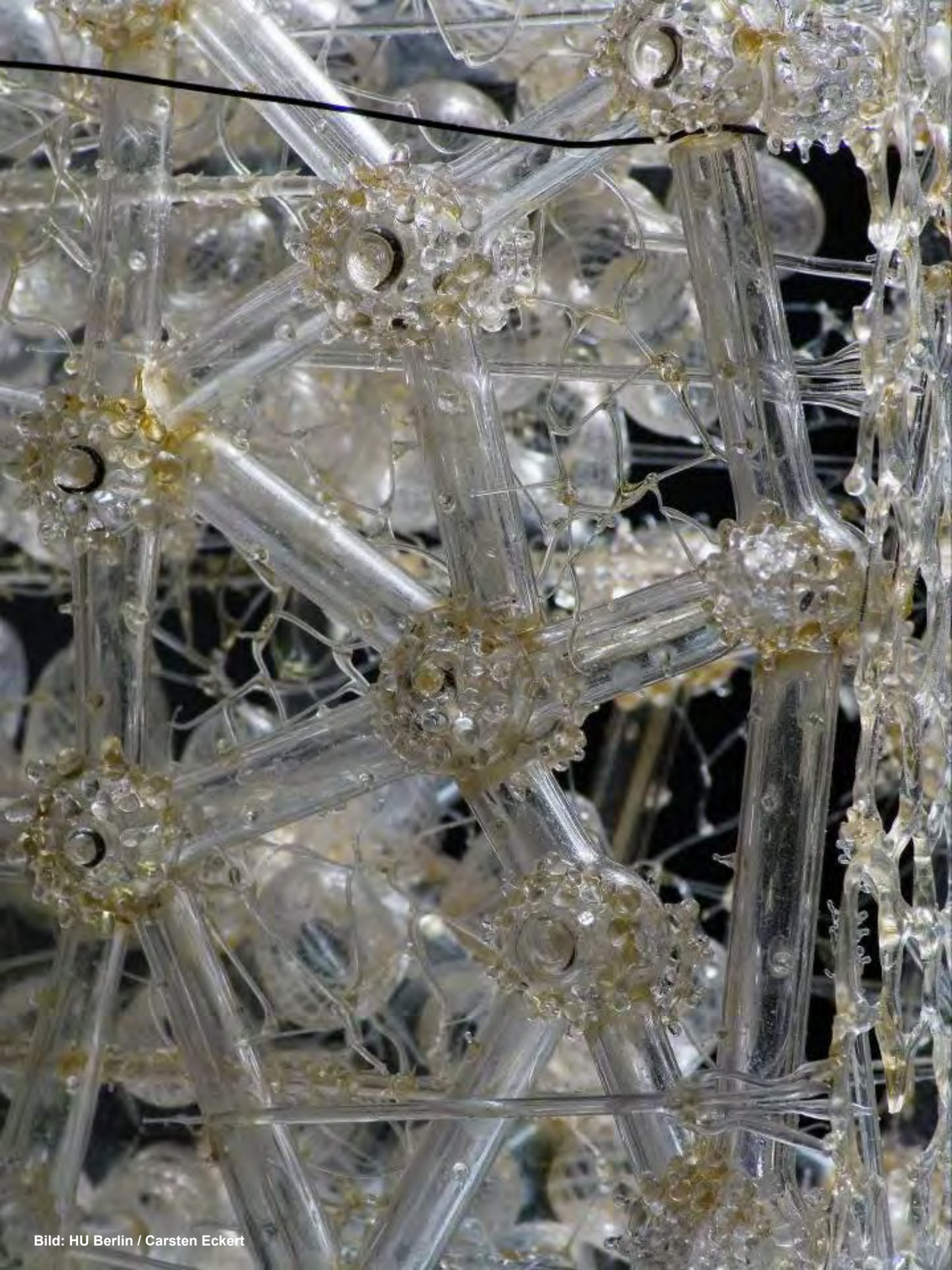
Euplectella sp.





Leopold and Rudolf Blaschka 1863–1890;
glassblower in Dresden, Germany

Glass model of
Eurete semperi



Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators

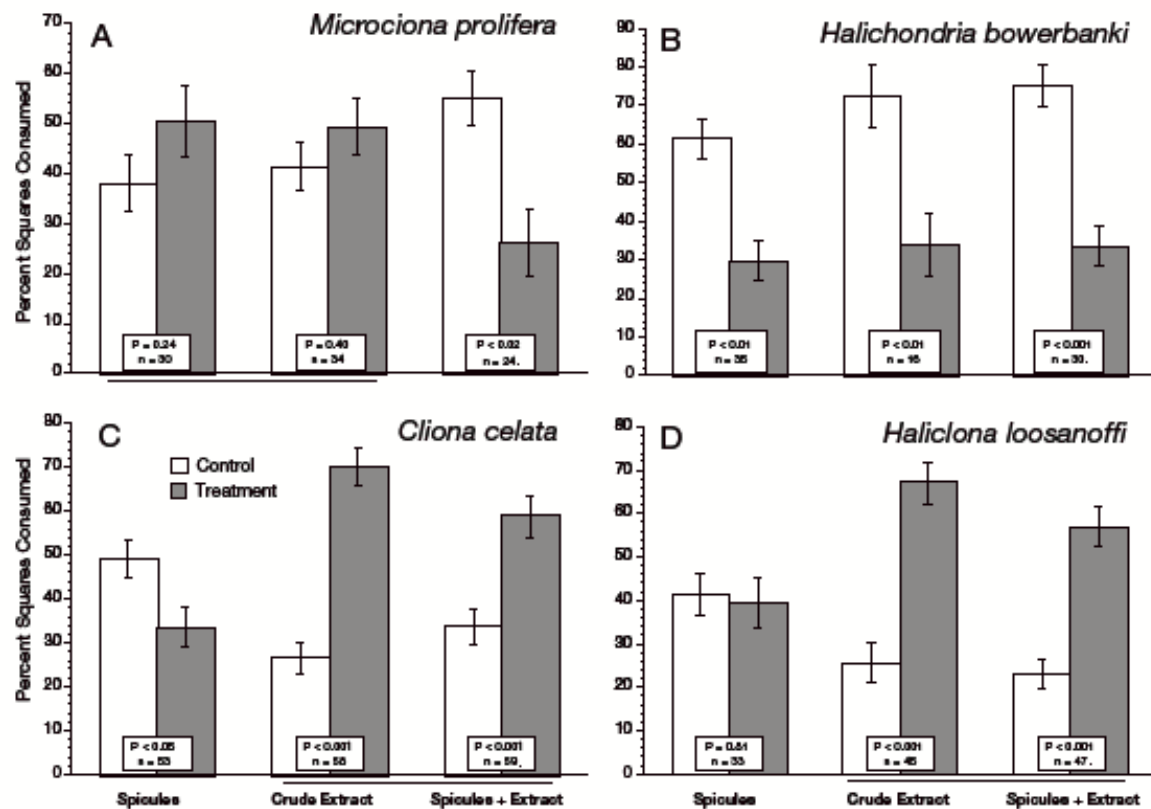


Fig. 1. *Pagurus longicarpus*. Effects of spicules (S) and crude extracts (C) from 4 species of temperate sponge on feeding rates of *P. longicarpus*. The number of squares consumed was converted to a percentage for ease of comparison in these figures, but statistics were performed on raw data; averages ($\pm$ SEM) are presented. p-values in each box are for the paired *t*-test or Wilcoxon's test that was performed in each feeding trial and n represents the number of replicates for that trial. One-way ANOVA or Kruskal-Wallis tests were employed to detect differences in crab preferences among the 3 feeding assays. Treatments connected by a line were not significantly different from one another at $p < 0.05$ based on Tukey's HSD or Student-Newman-Keuls tests. (A) *Microciona prolifera*. The treatment that included both spicules and crude extract produced a nearly 50% reduction in crab feeding rates. (B) *Halichondria bowerbanki*. Each treatment reduced crab feeding rates by more than half compared to controls. No statistically significant differences among treatments were detected. (C) *Cliona celata*. The spicule treatment deterred predation, but the crude extract and the spicule plus crude extract (S + C) treatments were preferred over control food. (D) *Haliclona loosanoffi*. The crude extract and spicule plus crude extract treatments were preferred over control food

Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)

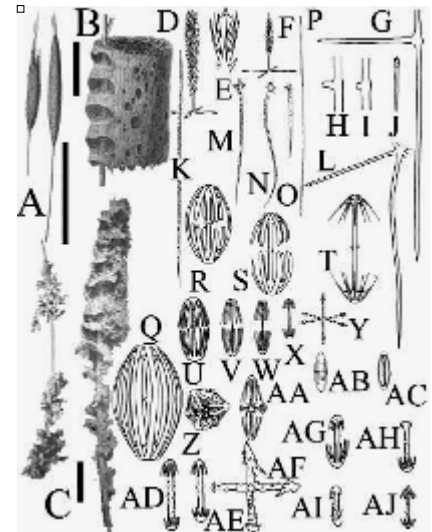
Jean Vacelet · Eric Duport

Prey capture and digestion in the carnivorous sponge *Asbestopluma hypogea* (Porifera: Demospongiae)



Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)
 - differentiation of sponge species



Sponge species

Tethya gracilis sp. nov.

SARA, SARA, NICKEL & BRÜMMER 2001

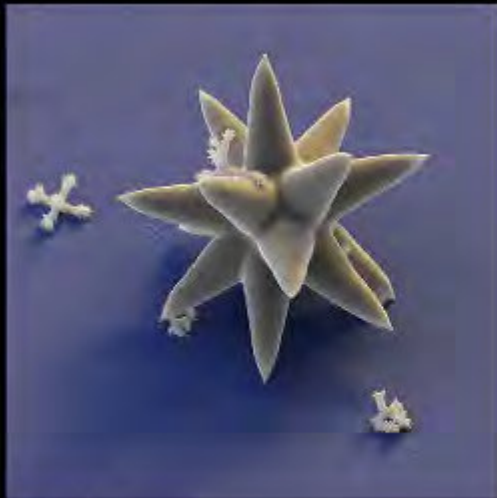
Type location: Aquazoo Düsseldorf (Germany)

Spicule Preparation: M. Nickel

SEM Imaging: O. Meckes



3.000 x



4.000 x



15.000 x



10.000 x

Sponge species

Tethya wilhelma sp. nov.

SARA, SARA, NICKEL & BRÜMMER 2001

Type location: Wilhelma, Stuttgart (Germany)

Spicule Preparation: M. Nickel

SEM Imaging: O. Meckes



7.000x



3.600x



10.000x

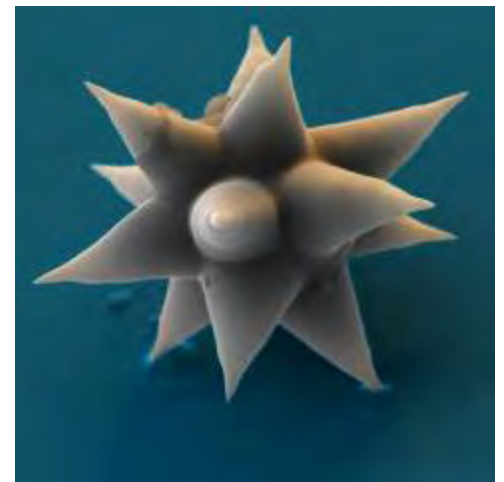


20.000x

Tethya wilhelma



Bild: Uni / Michael Nickel



REM: Eye of Science, 2001

Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)
 - differentiation of sponge species
- contraction of sponge bodies



Nickel et al. 2004

Ellwanger & Nickel, Frontiers in Zoology (2006)

Neuroactive substances specifically modulate rhythmic body contractions in the nerveless metazoan *Tethya wilhelma* (Demospongiae, Porifera)

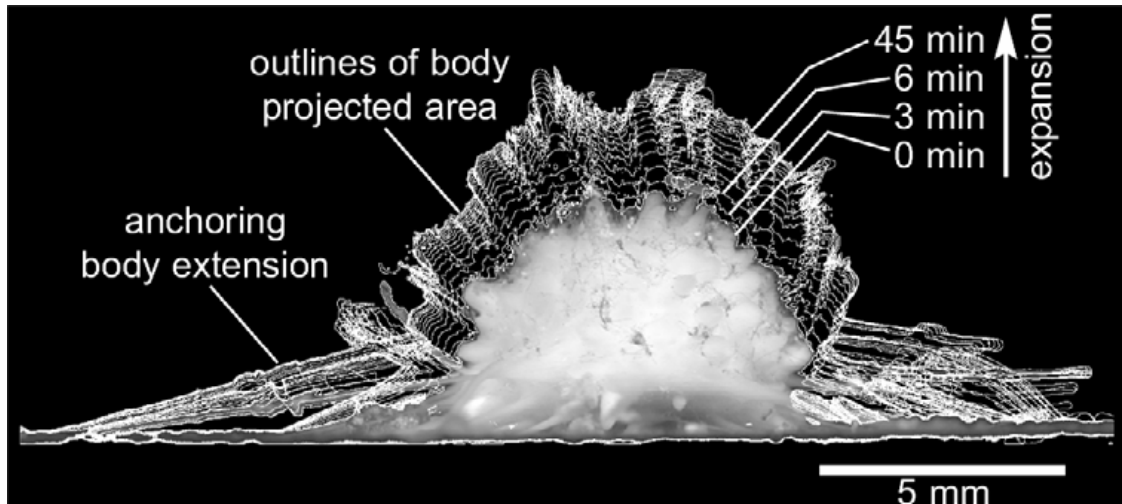


Table 1: Statistical analysis of contraction cycle durations in *Tethya wilhelma* Results of a Mann-Whitney U-test on differences between endogenous and influenced contraction cycle durations (D_{cc}) of *T. wilhelma* (each comparison within one experimental series).

Substance	Concentration	Figure	D_{cc} endogenous [min]	D_{cc} substance-exposed [min]	U-test	significant difference in D_{cc} ?
Acetylcholine	2.8 mM	2a	78.3 ± 5.3 (N = 9)	86.9 ± 2.3 (N = 9)	$p < 0.001$	yes
Nicotine	25 – 50 μ M	2b	101.3 ± 8.6 (N = 4)	111.3 ± 10.6 (N = 4)	$p > 0.01$	no
Caffeine	515 μ M	3a	93.1 ± 7.6 (N = 6)	85.3 ± 7.3 (N = 6)	$p > 0.01$	no
	515 μ M	3b	105.0 ± 7.7 (N = 5)	44.12 ± 21.0 (N = 5)	$p < 0.01$	yes
	515 μ M	3c	85.5 ± 19.3 (N = 14)	52.5 ± 17.2 (N = 18)	$p < 0.001$	yes
	257 μ M	3d	113.3 ± 34.6 (N = 9)	78.8 ± 23.5 (N =)	$p < 0.01$	yes
Glycin	1.3 mM	4a	105.5 ± 23.5 (N = 6)	54.2 ± 9.1 (N = 14)	$p < 0.001$	yes
	1.3 mM	4b	93.0 ± 10.7 (N = 9)	42.7 ± 5.5 (N = 10)	$p < 0.001$	yes
Adrenaline	44 μ M	5a	88.7 ± 3.4 (N = 7)	154.8 ± 58.7 (N = 4)	$p < 0.01$	yes
	22 μ M	5b	88.5 ± 7.9 (N = 8)	109.8 ± 6.0 (N = 2)	n.d. ^a	n.d. ^a
Serotonine	260 – 520 μ M	5d	115.3 ± 14.0 (N = 5)	96.3 ± 10.0 (N = 5)	$p > 0.01$	no
	65 μ M	5c	105.0 ± 8.8 (N = 5)	102.9 ± 2.8 (N = 4)	$p > 0.01$	no
(by NOC-12)	5.7 μ M	6a	75.8 ± 13.0 (N = 8)	116.0 ± 23.8 (N = 8)	$p < 0.01$	yes
	22.7 μ M	6b	95.0 ± 9.4 (N = 6)	238.0 ± 58.2 (N = 5)	$p < 0.01$	yes
cAMP	288 mM	7a	108.0 ± 11.8 (N = 4)	83.3 ± 5.3 (N = 2)	n.d. ^a	n.d. ^a
	288 mM	7b	105.5 ± 23.5 (N = 6)	73.5 ± 3.5 (N = 2)	n.d. ^a	n.d. ^a

^a not determined, not enough data available

Some aspects of sponge skeleton

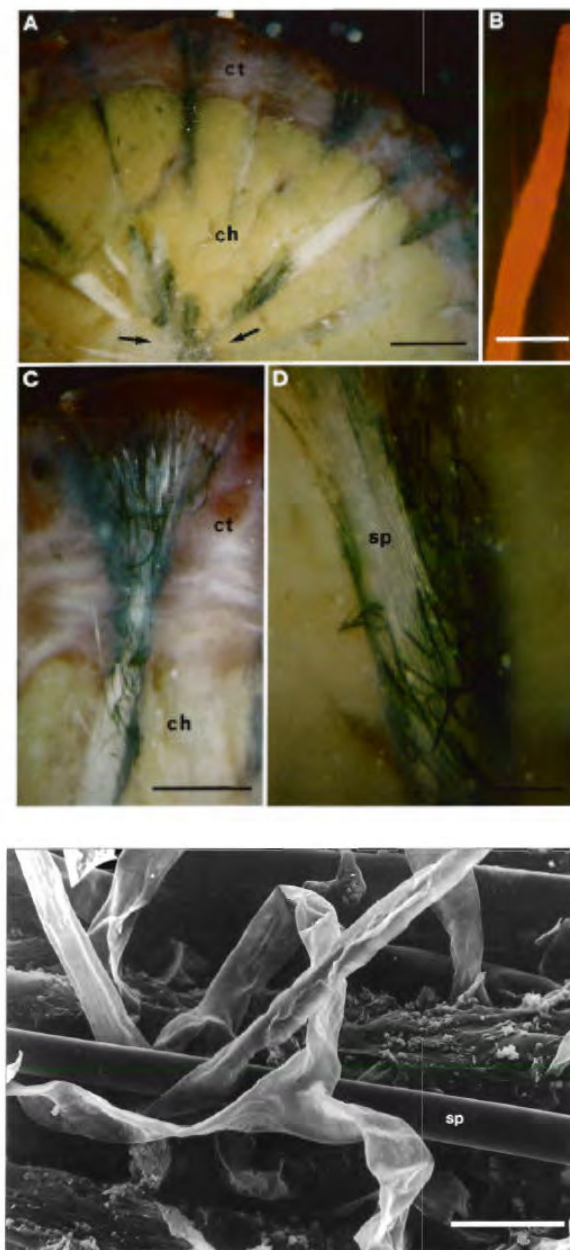
- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)
 - differentiation of sponge species
 - contraction of sponge bodies
- light transmission *ex situ*

Siliceous spicules of *Tethya seychellensis* (Porifera) support the growth of a green alga: a possible light conducting system

Elda Gaino, Michele Sarà

Institute of Zoology, University of Genova, Via Balbi 3, I-10126 Genova, Italy

In conclusion, we suggest the hypothesis that light energy reaches the innermost part of the sponge body via siliceous spicules, influences several aspects of sponge biology (Rasmont 1970) and triggers the onset of oogenesis (Elvin 1976).



Optical fibres in an Antarctic sponge

**R. Cattaneo-Vietti, G. Bavestrello,
C. Cerrano, M. Sarà**

*Istituto di Zoologia dell'Università di
Genova,*

Via Balbi 5, I-16126 Genova, Italy

U. Benatti, M. Giovine

*Istituto Policattedra di Chimica Biologica
dell'Università di Genova,*

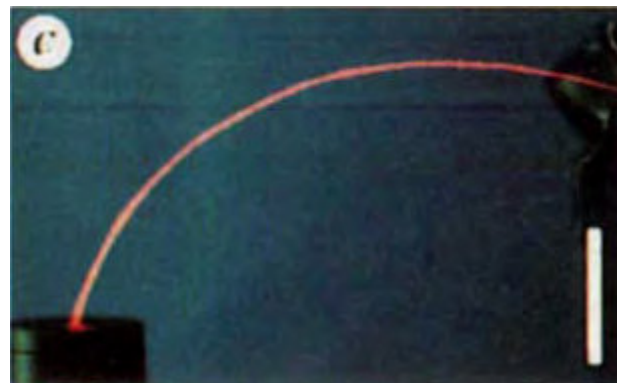
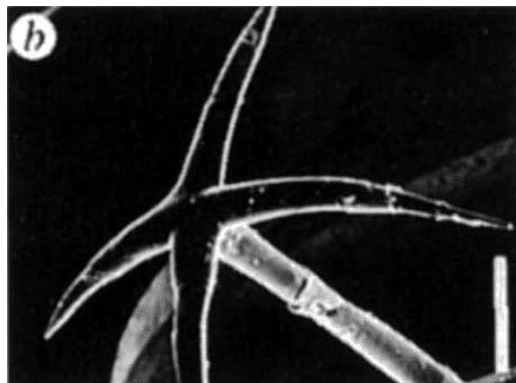
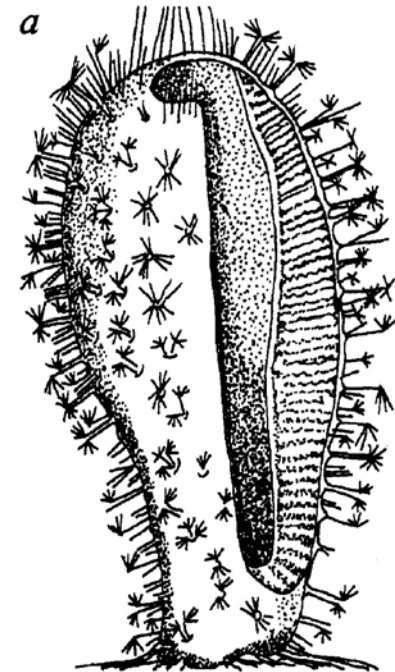
*Viale Benedetto XV 1,
I-16132 Genova, Italy*

E. Gaino

*Istituto di Zoologia dell'Università di
Perugia,*

Via Elce di Sotto, I-06123 Perugia, Italy

Nature 383 (1996)



Rosella racovitzae

a, Rosella, from a drawing by Schultze (ref. 10). b, Magnification of the cross-shaped apex of a Rosella spicule. Bar, 1 mm. c, A spicule bent to a 90° angle conducts red light from the source to an exposure meter Profisix (Gossen) modified to achieve light-spot measurement. Bar, 2 cm.

Biological glass fibers: Correlation between optical and structural properties

Joanna Aizenberg^{*†}, Vikram C. Sundar^{*}, Andrew D. Yablon[‡], James C. Weaver[§], and Gang Chen^{*}

^{*}Bell Laboratories/Lucent Technologies, Murray Hill, NJ 07974; [†]OFS Laboratories, Murray Hill, NJ 07974; and [‡]Institute for Collaborative Biotechnologies and Materials Research Laboratory, University of California, Santa Barbara, CA 93106

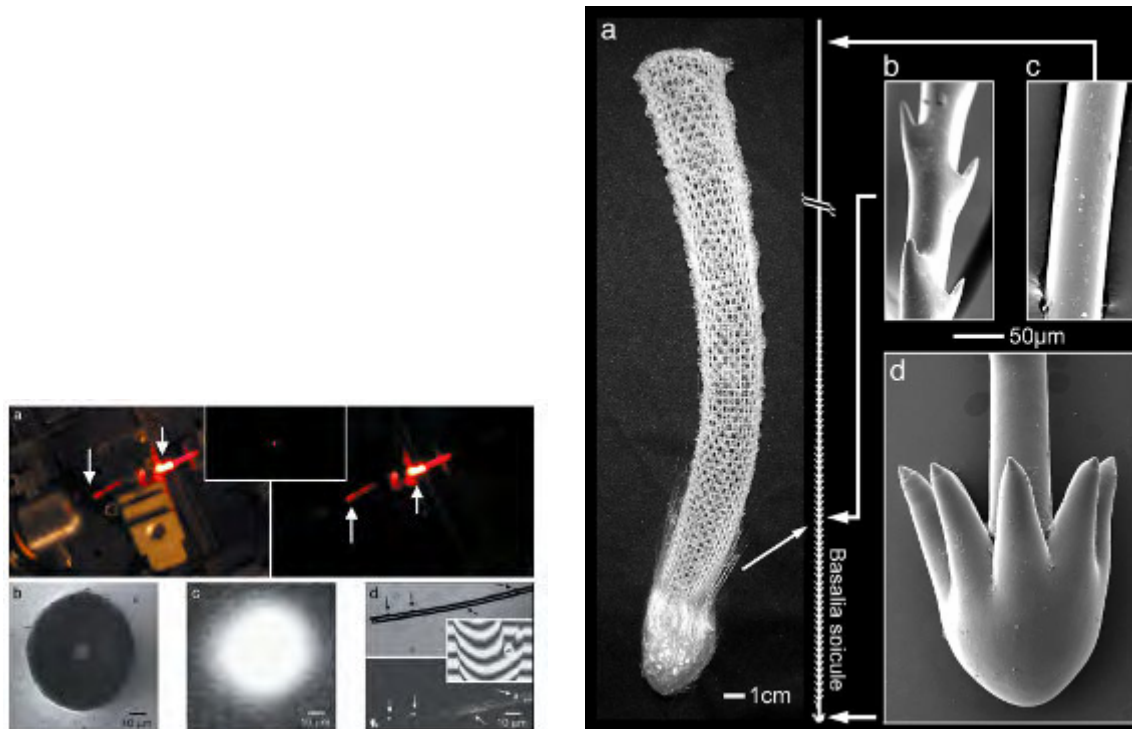


Fig. 1. (a) Photograph of a typical specimen of *E. aspergillum*, showing the lattice-like skeleton of fused siliceous spicules and a crown-like organization of basalia at the base. (b-d) SEM micrographs of the spined proximal region (b) and the smooth distal region of a basalia spicule (c) and its apical process (d). The SEM micrographs are related to a schematic representation of an individual spicule from the anchoring region (Center).

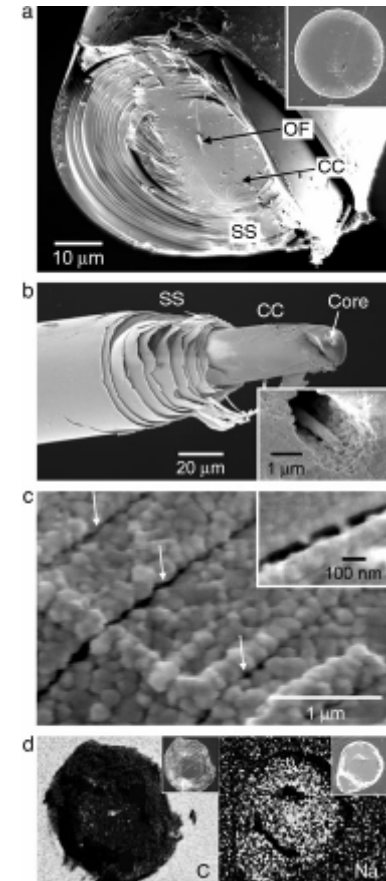


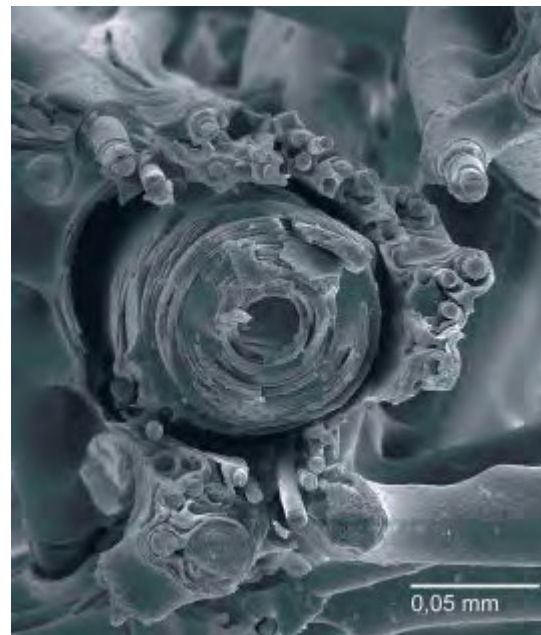
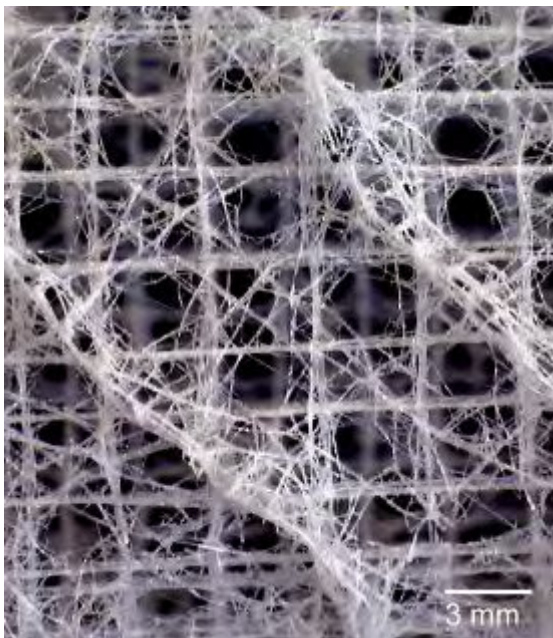
Fig. 2. Structural and compositional characterization of the basalia spicules. (a) SEM image of a mechanically deaved freestanding spicule, revealing an axial organic filament (OF), a smooth central cylinder (CC), and a striated shell region (SS). (Inset) SEM image of a similar spicule that was gently polished after embedding in an epoxide. A smooth homogeneous cross section is now seen. (b) Etch figures produced after HF treatment. The exposed CC region with the hollow core (indicated by an arrow) and surrounded by a receding series of SS layers is seen. (Inset) High-magnification scanning electron micrograph of the etched core region (~2 μm in diameter), exposing the OF. (c) Etch figures produced after bleach (NaOCl) treatment reveal that the spicule's building blocks are silica spheres. Arrows indicate the interfaces between the shell layers, from which organic material is selectively removed. (Inset) Magnified view of the interface, revealing remnants of the organic bridges. (d Left) EDX carbon map of Microtome-cut spicule cross section highlights the presence of an OF. Note that the carbon content in the CC region is higher than that in the SS region. (Right) EDX sodium map indicates an enhanced concentration of sodium ions within the spicule cross section, with the highest density of Na occurring in the 2-μm core. (Insets) SEM images of the corresponding spicules.

Sponge skeleton - glass fibres?

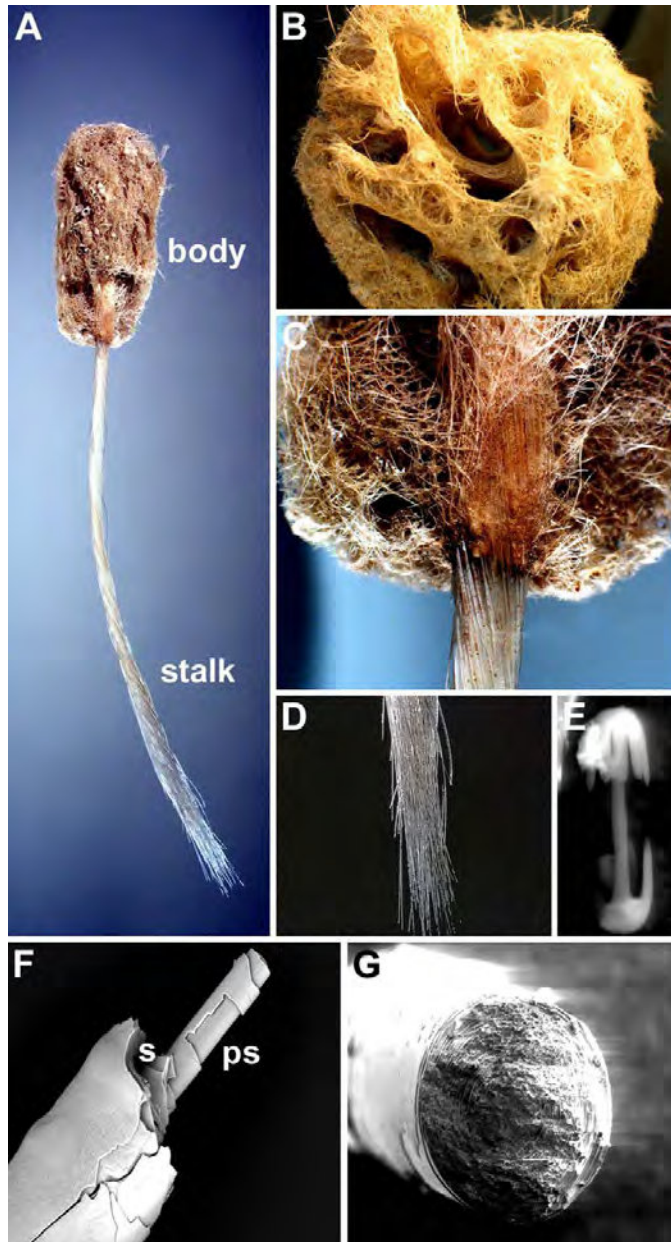


Euplectella sp.

- „optical fibres“
- high stability



J. Aizenberg, J C. Weaver, M S. Thanawala, V C. Sundar, D E. Morse, P. Fratzl: Skeleton of *Euplectella sp.*: Structural Hierarchy from the Nanoscale to the Macroscale Science, 8 July 2005



Novel photoreception system in sponges? Unique transmission properties of the stalk spicules from the hexactinellid *Hyalonema sieboldi*

Werner E.G. Müller^{a,*}, Klaus Wendt^b, Christopher Geppert^b,
Matthias Wiens^a, Andreas Reiber^c, Heinz C. Schröder^a

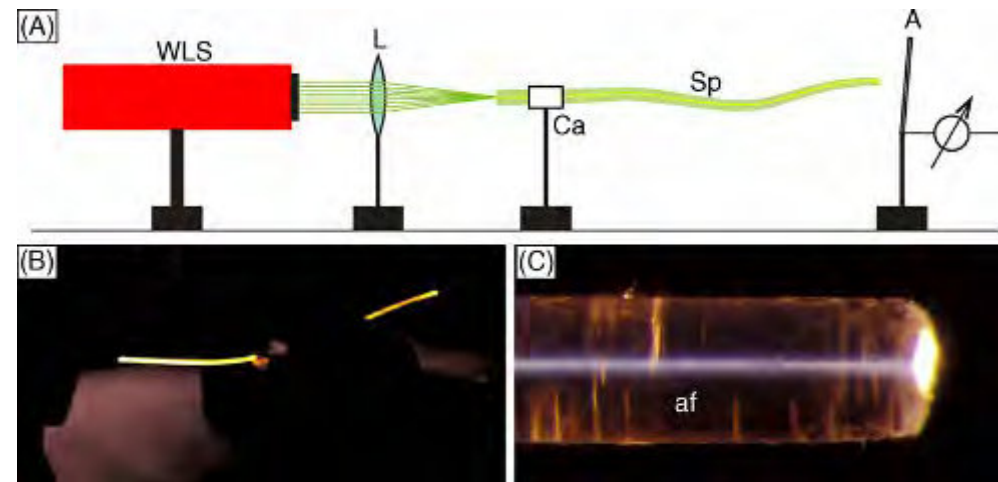


Fig. 2. Stalk spicules of *H. sieboldi* as optical fibers. (A) The white light source (WLS) is focused through a biconvex lens (L) onto one end of the spicule (Sp), which is immobilized within a canula (Ca). The emitted light is recorded by an optical spectrum analyzer (A). (B) A sponge spicule is illuminated with white light (left site); during the course through the fiber, the color changed to red, 1x. (C) Higher power of the output end of the sponge fiber after illumination. The central core of the fiber is brighter due to the higher reflection caused by the organic axial filament (af), 100x.

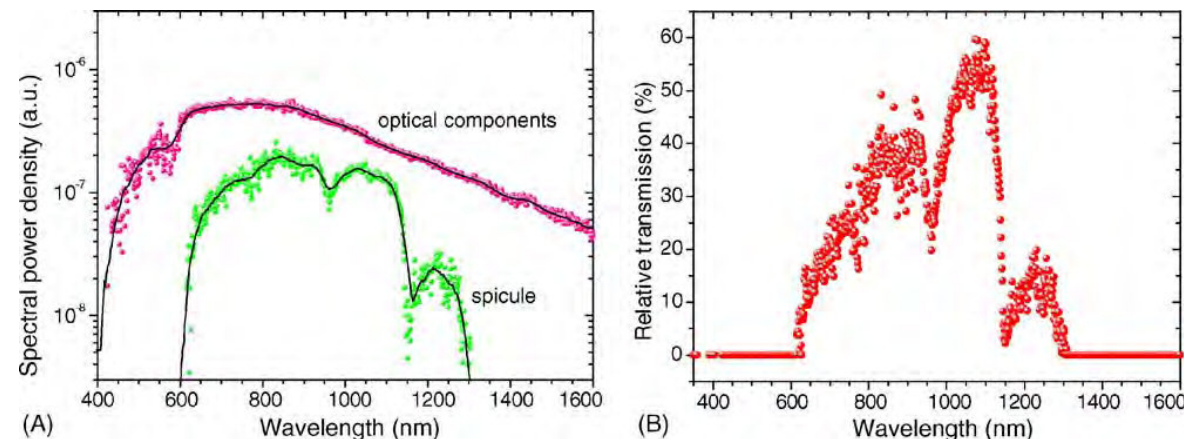
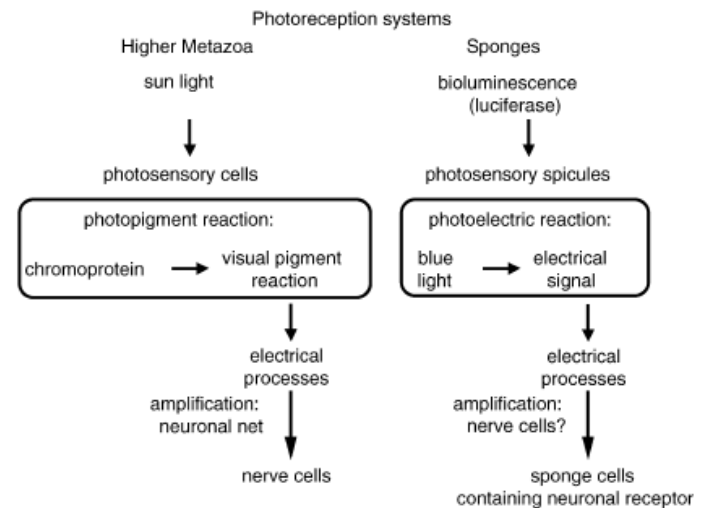


Fig. 3. Transmission properties of sponge spicules for white light. (A) Course of the spectral power density (given in arbitrary units) of white light between 400 and >1600 nm. The upper curve shows the spectrum used for the measurement. The lower curve shows the spectrum and the intensities of the transmitted light through the spicules, as a function of the wavelengths. (B) Relative light transmission through the siliceous fibers. It becomes obvious that the fibers act as a sharp high- (615 nm) and low-pass filters (1310 nm).

Novel photoreception system in sponges? Unique transmission properties of the stalk spicules from the hexactinellid *Hyalonema sieboldi*

Werner E.G. Müller^{a,*}, Klaus Wendt^b, Christopher Geppert^b,
Matthias Wiens^a, Andreas Reiber^c, Heinz C. Schröder^a

Biosensors and Bioelectronics 21 (2006) 1149–1155



Spatial distribution of sponge-associated bacteria in the Mediterranean sponge *Tethya aurantium*

Vera Thiel, Sven C. Neulinger, Tim Staufenberg, Rolf Schmaljohann & Johannes F. Imhoff

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR, Kiel, Germany

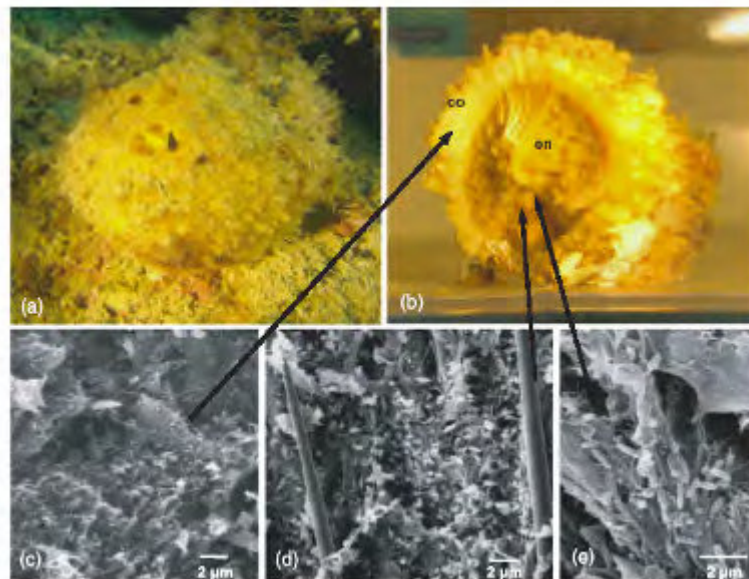


Fig. 1. (a) Photograph of the Mediterranean sponge *Tethya aurantium* Pallas *in situ*. A cross section (b) shows the morphologically different regions endosome (en) and cortex (co). Electron microscopic photography shows no apparent accumulation of bacteria in the cortex (c) and a moderate number of different bacterial morphotypes within the endosome (d and e).

Abstract

The local distribution of the bacterial community associated with the marine sponge *Tethya aurantium* Pallas 1766 was studied. Distinct bacterial communities were found to inhabit the endosome and cortex. Clear differences in the associated bacterial populations were demonstrated by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and analysis of 16S rRNA gene clone libraries. Specifically associated phylotypes were identified for both regions: a new phylotype of *Flexibacteria* was recovered only from the sponge cortex, while *Synechococcus* species were present mainly in the sponge endosome. Light conduction via radiate spicule bundles conceivably facilitates the unusual association of *Cyanobacteria* with the sponge endosome. Furthermore, a new monophyletic cluster of sponge-derived 16S rRNA gene sequences related to the *Betaproteobacteria* was identified using analysis of 16S rRNA gene clone libraries. Members of this cluster were specifically associated with both cortex and endosome of *T. aurantium*.

TAI-8-20v [2]	Endosome 2003	1388	Unidentified <i>Gammaproteobacterium</i> OM60	U70696	1389	99%	<i>Gammaproteobacteria</i>
TAI-8-64v [1]	Endosome 2003	1339	<i>Photobacterium phosphoreum</i> strain RHE-01	AY435156	1303	99%	<i>Gammaproteobacteria</i>
TAI-2-166v [5]	Endosome 2004	1443	<i>Cyanobacterium</i> 5X15	AJ289785	1443	99%	<i>Cyanobacteria</i> , <i>Synechococcus</i> group
TAI-8-58v [6]	Endosome 2003	1332	<i>Cyanobacterium</i> 5X15	AJ289785	1331	99%	<i>Cyanobacteria</i> , <i>Synechococcus</i> group
TAI-8-74v [9]	Endosome 2003	1340	<i>Synechococcus</i> so. Almo3	AY172800	1326	99%	<i>Cyanobacteria</i> , <i>Synechococcus</i> group
TAI-2-160v [6]	endosome 2004	1419	<i>Synechococcus</i> sp. RS9920	AY172830	1402	99%	<i>Cyanobacteria</i> , <i>Synechococcus</i> group
TAI-8-17v [3]	Endosome 2003	1372	<i>Flexibacter</i> sp. IUB42	AB058905	1375	95%	<i>Bacteroidetes</i> , <i>Flavobacteriaceae</i>

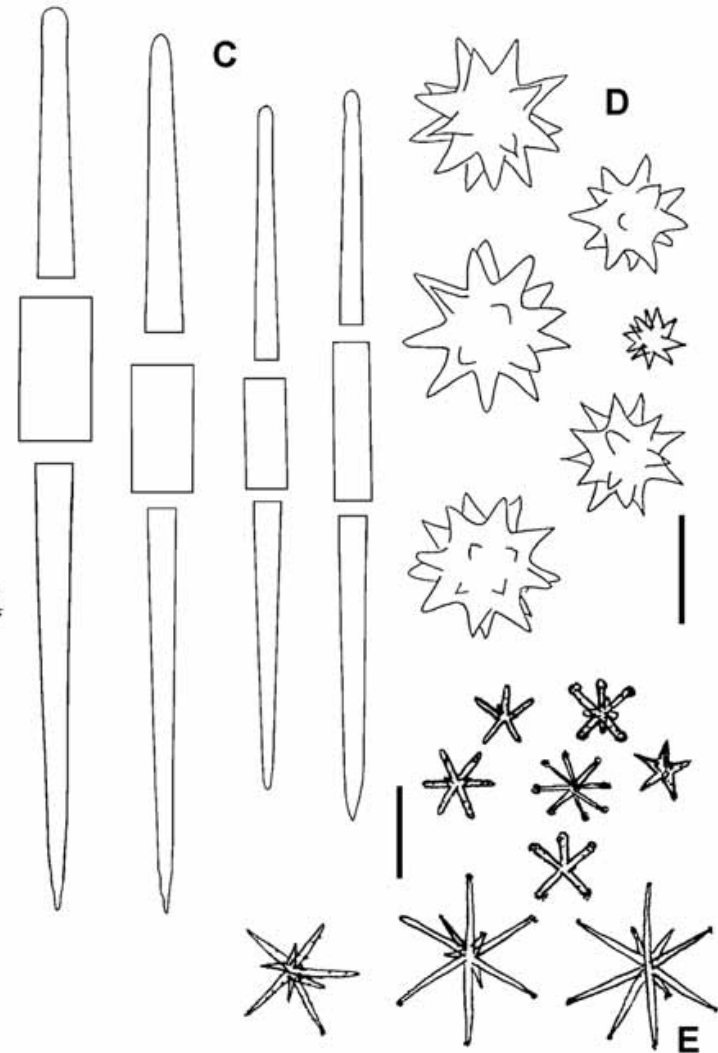
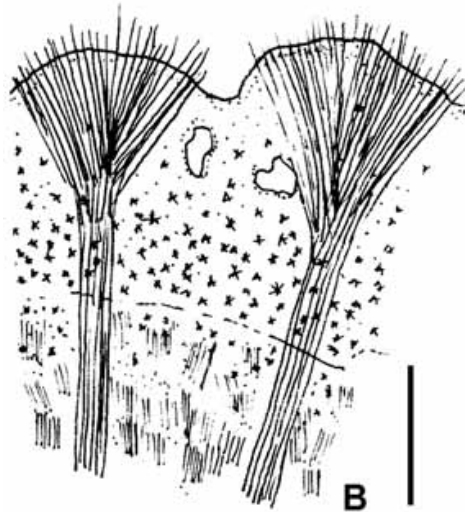
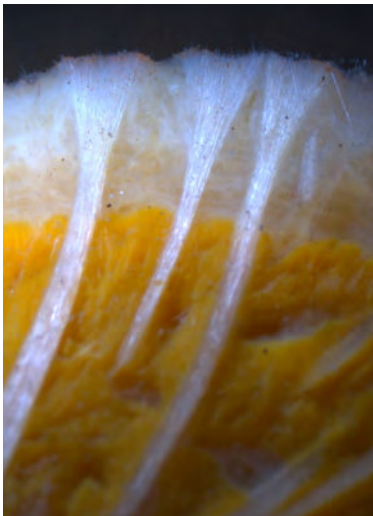
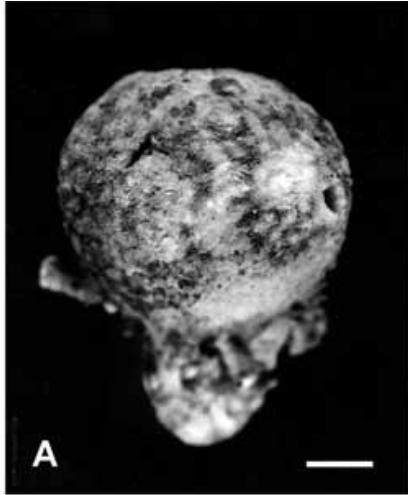
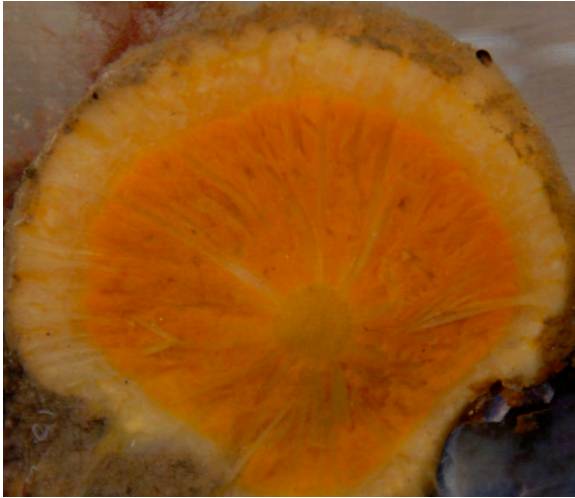
Some aspects of sponge skeleton

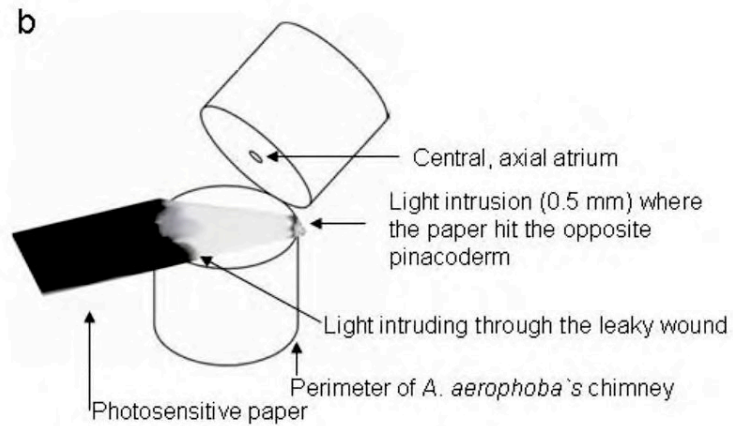
- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)
 - differentiation of sponge species
 - contraction of sponge bodies
 - light transmission *ex situ*
 - light transmission *in situ*?

Family Tethyidae Gray 1848

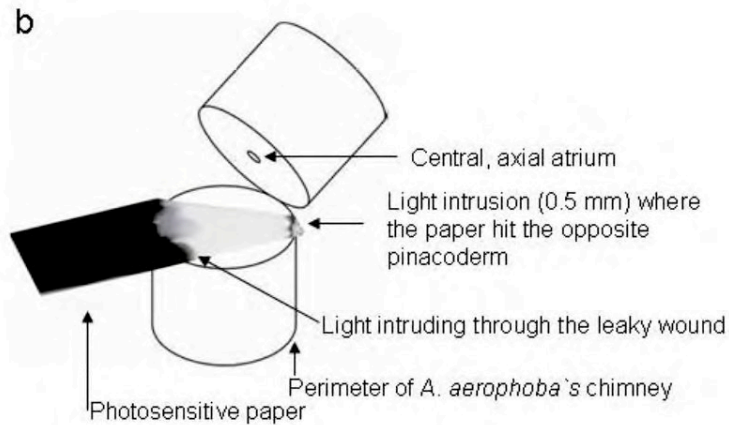
Michele Sarà

Systema Porifera, 2002

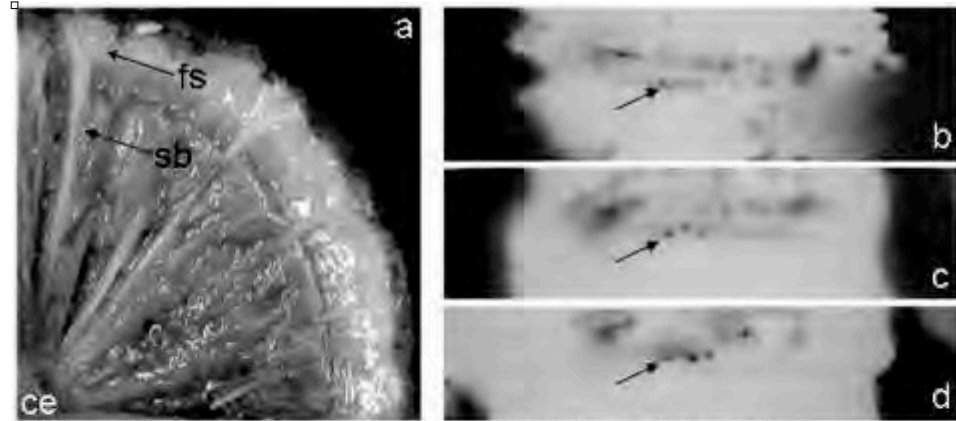




Aplysina aerophoba



Aplysina aerophoba

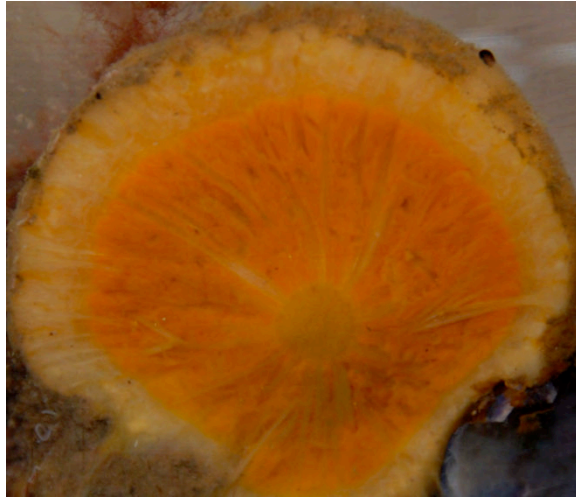


Tethya aurantium

Some aspects of sponge skeleton

- From morphology to function
 - mechanical stabilization
 - protection against predators
 - prey capture (carnivorous sponges)
 - differentiation of sponge species
 - contraction of sponge bodies
 - light transmission *ex situ*
 - light transmission *in situ* !

Light inside sponges



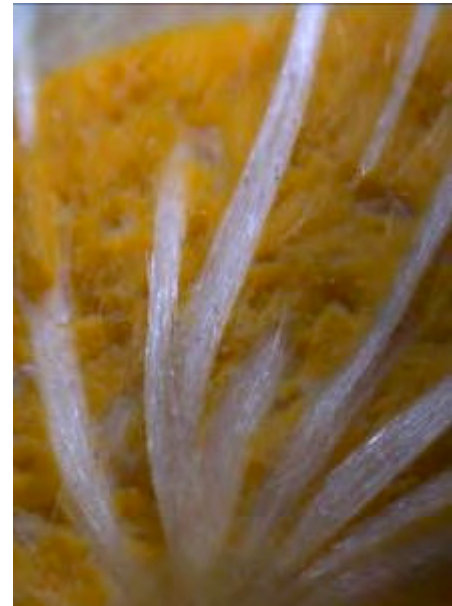
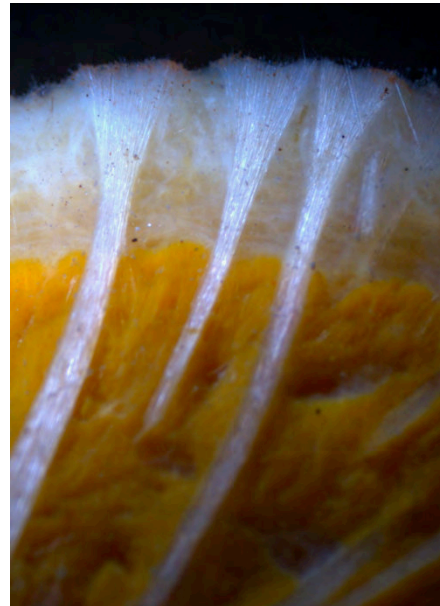
Questions still to be answered:

light intensity?

light spectrum?

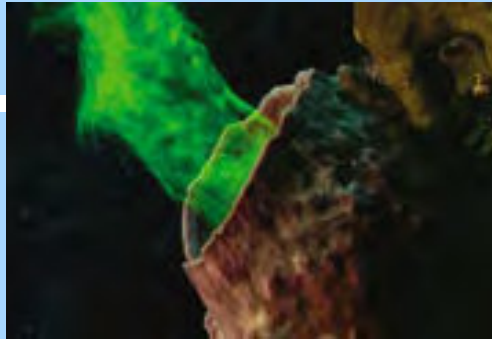
**Transfer from spicule
to spicule?**

Inside the bundle?

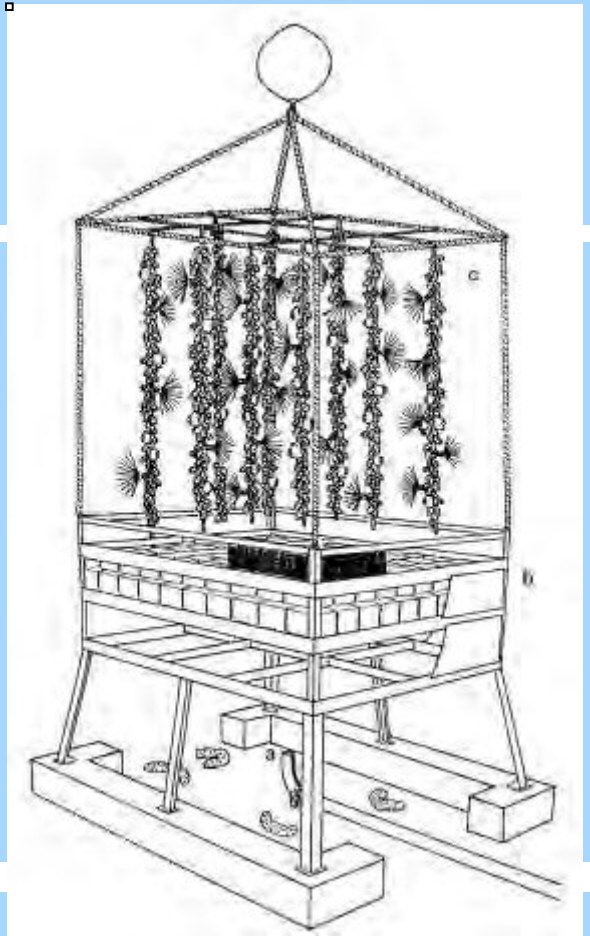


Produkte

Wasserreinigung



- hohe Filtrationsrate
- in Salz- und Süßwasser
- weite Verbreitung
- unterschiedlichste Habitate



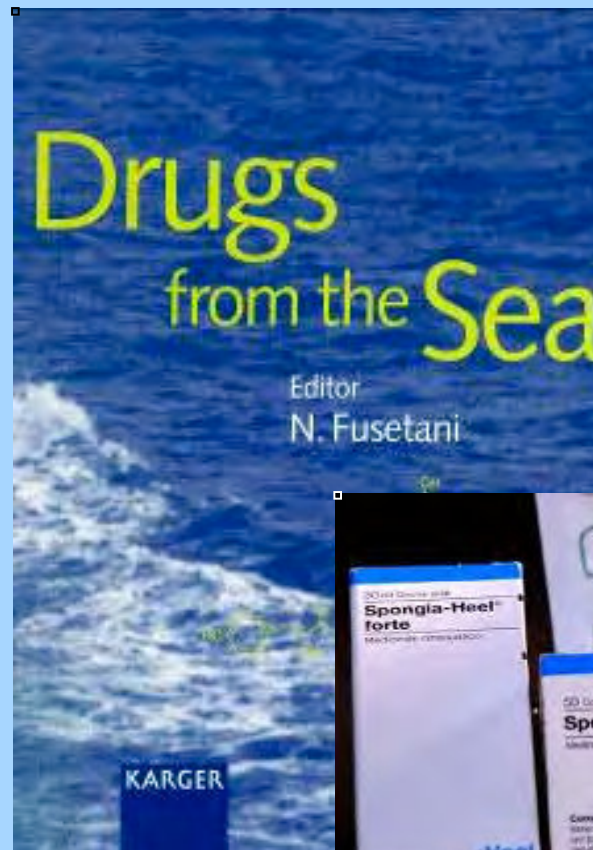
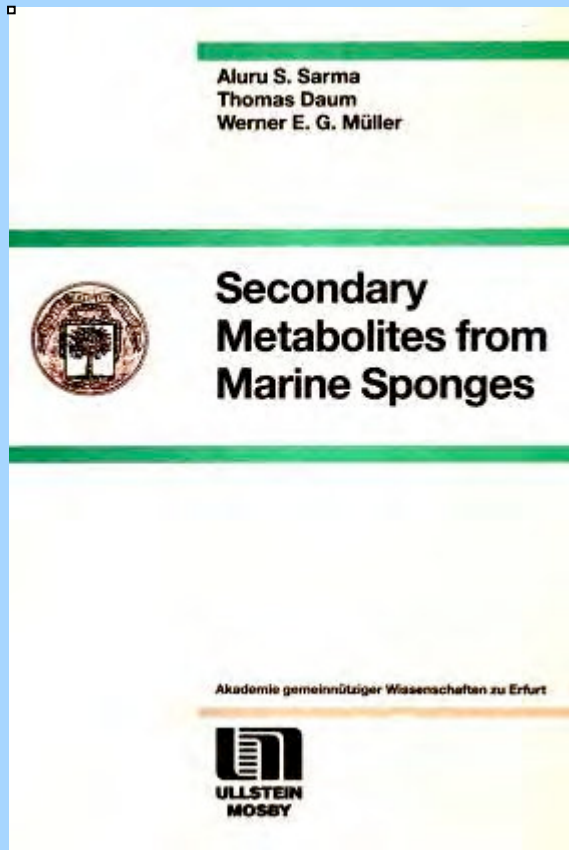
Biological filter stations: a new artificial reef concept to combat the effects of eutrophication in coastal seas.

M. Stachowitsch, University of Vienna, 1998

Marine Biological underwater depuration system (MUDS)

Cattaneo-Vietti et al., Dip.Te.Ris, University of Genova, 2003

Produkte



Produkte

Tethya aurantium



Anti-viral

Dysidea avara



Anti-viral

Anti-inflammatorisch

Medizin aus marinen Schwämmen

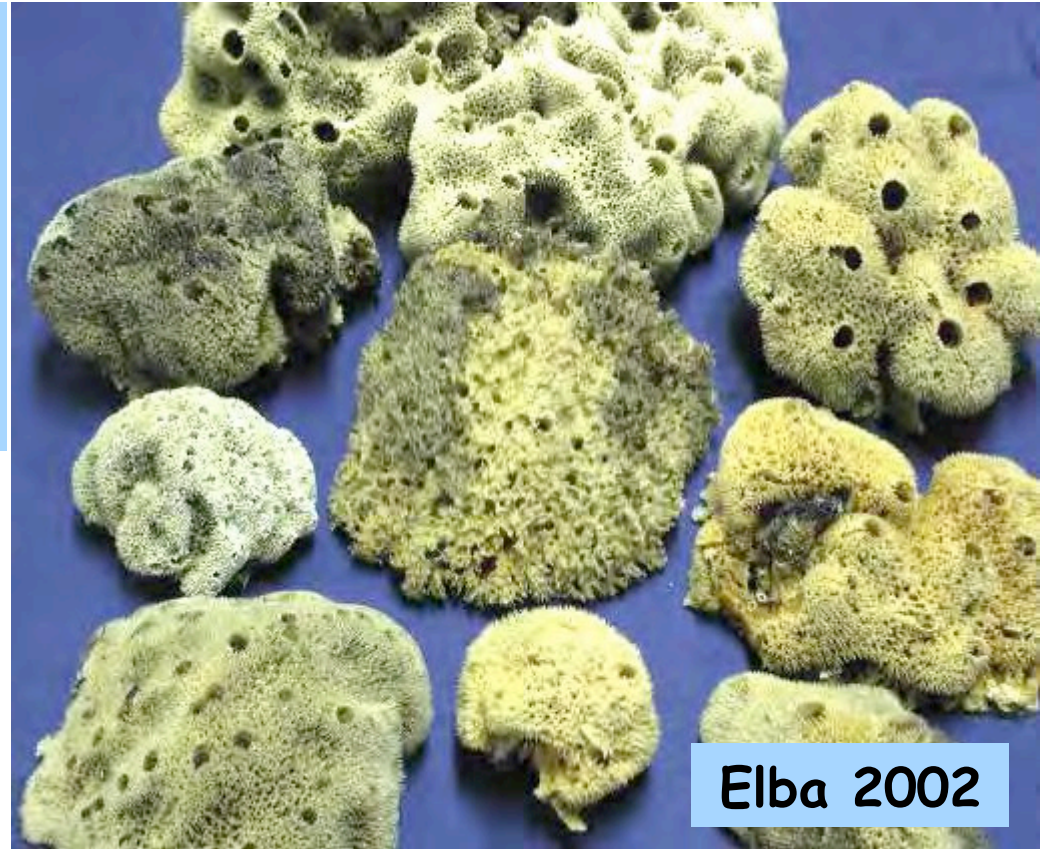
Sekundärmetabolit	Quelle/Spezies	Wirkung	Pharmazeut. Status
Aerophysinin	<i>Verongia aerophoba</i>	Bakterizid, cytostatisch (Tyrosinkinase-Inhibitor)	Keine Angaben
Avarol	<i>Dysidea avara</i>	Virostatisch: Anti-HIV	Keine Angaben
Discodermolid	<i>Discoderma dissoluta</i>	Cytotoxisch, immunosuppressant	Fortgeschrittene Präklinische Studien
Halenachinon	<i>Xestospongia exigua</i>	Bakterizid	Keine Angaben
Halichondrin B	<i>Halichondria okadai</i>	Cytotoxisch	Fortgeschrittene Präklinische Studien
IPL-567 (Contignasterol)	<i>Petrosia contignata</i>	Anti-entzündlich	Klinische Phase I
Jaspalkilonid	<i>Jaspis</i> spp.	Cytotoxisch, fungizid	Präklinische Studien
Kalihinol-A	<i>Acanthella</i> spp.	Bakterizid	Keine Angaben
KRN 7000 (Agelasphin)	<i>Agelas mauritianus</i>	Anti-Tumor	Klinische Phase I
Manolid	<i>Luffariella variabilis</i>	Antibakteriell, anti- entzündlich, analgetisch	Keine Angaben

Problem: Überfischung & Mass Mortality Events

1999: Elba, Marseille; bis zu 75% der kommerziell genutzten Schwämme abgestorben!

Temperatur Stress!?

(Perez, 2001)



Elba 2002

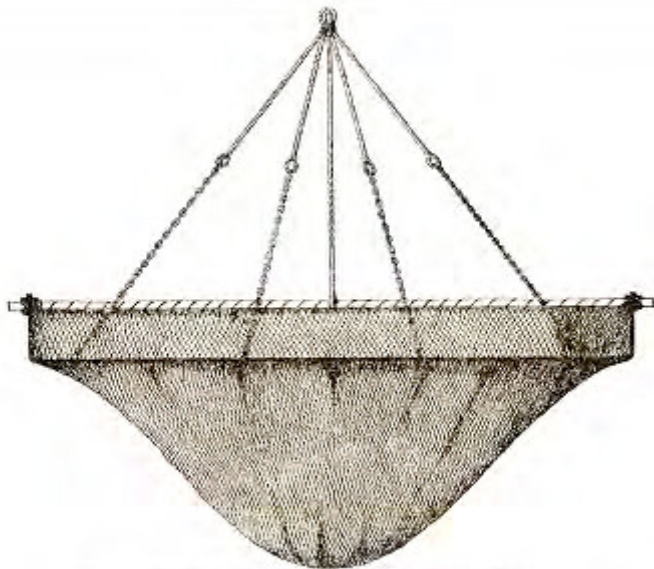


Fig. 3.—Dredge, or gangava, used in Mediterranean sponge fisheries.



Ruder Boskovic Institut, Rovinj



Nordadria:



Limski kanal

- ca. 11 km lang,
- ca. 6.000 Jahre alt
- Ost-West-Richtung
- max. 33 Meter tief
- diffuse Süßwasserzuflüsse
- marin
- Unterschiede in
Sedimentationsrate;
Substrat,
Lichtexposition,
Nährstoffversorgung

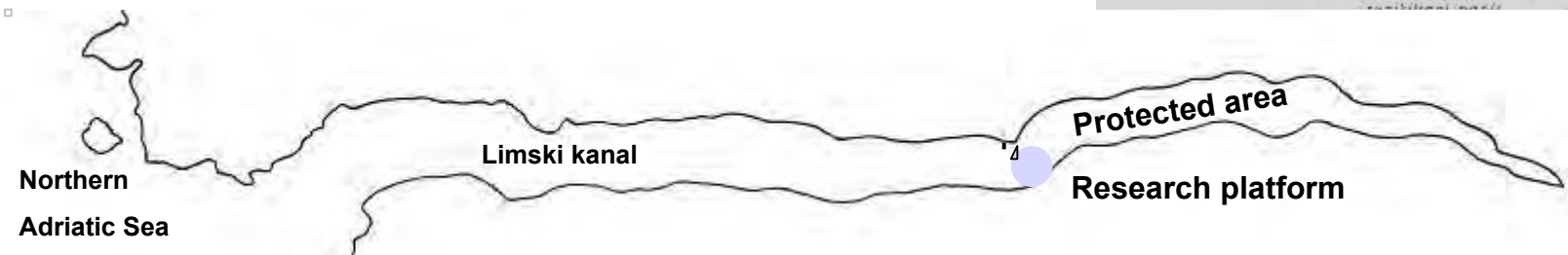
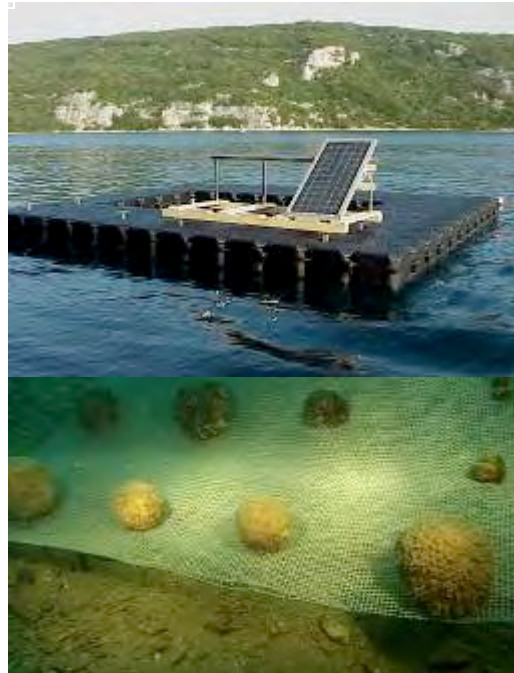
Zugang zum Schwamm

Limski kanal

Forschungsplattform

Schutzgebiet

Schwammgarten



FROM : DUZPD PHONE NO. : 537 303 NOV. 29 1999 09:17:01 F



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA UPRAVA
ZA ZAŠTITU PRIRODE I OKOLIŠA
10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 78/II
Centrala - tel: 01/6106111, fax: 01/6112078
Ured nadležnosti - tel: 01/6111492, fax: 01/6118-808
E-mail: oduodp@net.hr
Klasa: UPI-612-07/99-54/93
Ur. br.: 342-04-2/1-99-4
Zagreb, 8. studeni 1999.

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, na temelju članka 32. Zakona o zaštiti prirode ("Narodne novine", br. 30/94 i 72/94) i članka 4. i 13. Pravilnika o uvjetima za obavljanje istraživanja u posebno zaštićenim dijelovima prirode na morskom dnu ili morskom podzemlju unutrašnjih morskih voda i teritorijalnog mora Republike Hrvatske ("Narodne novine", br. 97/98), povodom zahtjeva Instituta "Ruđer Bošković", Zavoda za istraživanje mora, Laboratorij za morsku molekularnu toksikologiju, Rovinj, G. Paliaga 5, donosi

RJEŠENJE

I. Dopušta se Institutu "Ruđer Bošković" iz Rovinja, G. Paliaga 5, istraživanje (uzgoj spužava *Geodia* sp. u otvorenim kavezima) u području posebnog rezervata u moru Limski zaljev.

Uzgoj spužava dopušta se uz slijedeće uvjete:

- Uzgoj spužava vršiti će se isključivo u znanstvene svrhe, a u sklopu znanstvenog programa "Pilot studija uzgoja spužava u otvorenom sustavu radi održive proizvodnje bioaktivnih spojeva".
- Kavez za uzgoj spužava moraju biti locirani van plovnog puta.
- Uzgoj spužava vršiti će se na površini koja nije veća od 100x100 metara i to uz uzgojno područje tvrtke "Marimire" d.o.o. iz Rovinja.
- Uzgoj spužava vršiti će se pod stručnim nadzorom voditelja projekta, dr. sc. Renata Batića, znanstvenog savjetnika Instituta "Ruđer Bošković", Zavoda za istraživanje mora i prof. dr. sc. Wernera E. G. Muller iz Instituta za fiziološku kemiju Sveučilišta u Mairmu.

II. Dopušta se Institutu "Ruđer Bošković" iz Rovinja, G. Paliaga 5, istraživanje u posebnom rezervatu u moru Limski zaljev uz skupljanje slijedećih vrsta i količina spužava u znanstveno istraživačke svrhe:

- <i>Geodia cydonium</i> 1kg.	- <i>Tethys ananarium</i> 1kg.
- <i>Geodia lit</i> 1kg.	- <i>Cliona celata</i> 500g.
- <i>Ancorina cerebrum</i> 1kg.	- <i>Cliona verrucosa</i> 200g.
- <i>Axinella polyoides</i> 1kg.	- <i>Adocia grossa</i> 500 g.
- <i>Axinella verrucosa</i> 1kg.	- <i>Brattia faviculata</i> 1kg.
- <i>Sycan raphanus</i> 100g.	- <i>Brattia muscarum</i> 1kg.
- <i>Mycale massa</i> 1kg.	- <i>Brattia avos</i> 1kg.
- <i>Mycale tunicata</i> 1kg.	- <i>Malichandria pinnata</i> 1kg.
- <i>Crella rosea</i> 1kg.	- <i>Crambe crambe</i> 1kg.
- <i>Tethys bincurum</i> 1kg.	- <i>Cacospongia scalaris</i> 1kg.

St. Echinodermata
Stachelhäuter



**Zehnnarmiger Seestern
aus dem Weissen Meer**

Deuterostomier

Tierreich, Animalia, Metazoa

vorgestellte Tierstämme:

Radiata

Porifera
Placozoa
Cnidaria
Ctenophora

Bilateria

Coelomata

Plathelminthes
Nemertini
Nemathelminthes
Mollusca
Annelida
Arthropoda
Tentaculata

Protostomia

Spiralia

Hemichordata
Chaetognatha
Echinodermata
Chordata

Deuterostomia



Stammgruppe Deuterostomier

Der Urmund wird
zum After.

Deuterostomier zeigen
eine Tendenz zum
Kiemendarm.

Höherentwickelte
Deuterostomier ent-
wickeln durch Einfal-
tung des Ektoderms ein
dorsales Nervensystem.

Die Echinodermen haben weder Kopf noch Gehirn, Augenflecke nur bei Seesternen.

Beweglichkeit nicht auf Geschwindigkeit hin optimiert. Wichtiger Teil der Bewegungsphänomene ist ein hydropneumatisches System, aber auch Muskeln und Kollagen werden für Bewegung eingesetzt.

Kalkskelett, mit Stacheln, die in manche Fällen sogar der Fortbewegung dienen.

Es ist wohl das stachelige Kalkskelett, dass den Erfolg der Echinodermen begründet. So können Echinodermen trotz geringer Beweglichkeit und wenig entwickeltem NS dennoch verschiedene ökologische Nischen dauerhaft besetzen.

Dreiteiliges Coelom mit Coelomporen:
Axocoel (Protocoel)
Hydrocoel (Mesocoel)
Somatocoel (Metacoel)

Sekundär radiärsymmetrisch, von der Symmetrieachse Mund-After strahlen typischerweise 5 Radien (Ambulakren) mit Ambulakraltentakeln ab.

Stamm Echinodermata

Stachelhäuter



Pelmatozoa

feststehend gestielt o. sekund.
ungestielt

Crinoidea

Haarsterne, Seelilien

Eleutherozoa

frei beweglich

Asteroidea

Seesterne

Ophiuroidea

Schlangensterne

Echinoidea

Seeigel

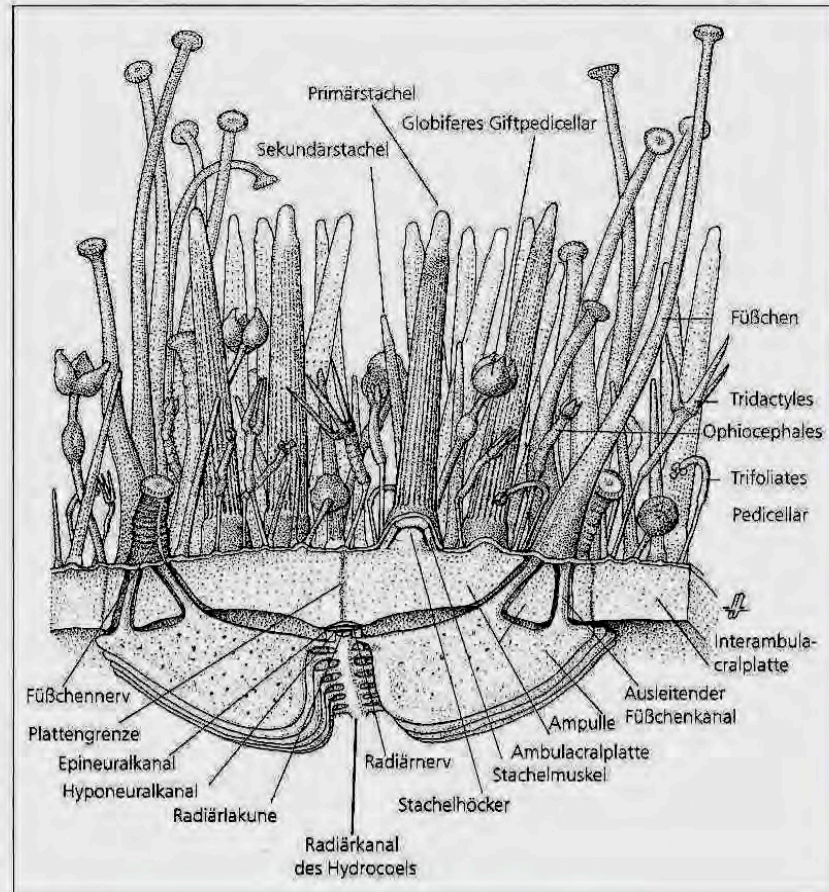
Holothurioida

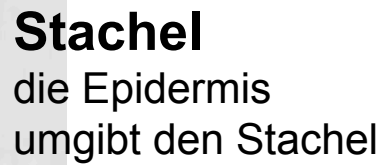
Seegurken

Abb. 1119: *Sphaerechinus granularis* (Echinacea). Schalenstück aus dem Ambulacrum mit Stacheln, Pedicellarien, Füßchen und radiären Kanalsystemen. Original: M. Mizzaro-Wimmer, Wien.

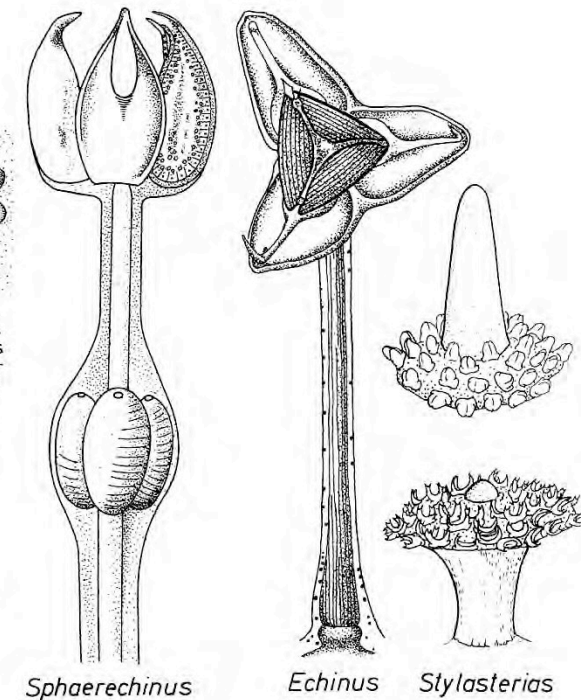
St. Echinodermata

Mit ihren Stacheln, Pedicellarien und Ambulacral-Füßchen sind die Echinodermen wehrhaft, beweglich und geschickt im Nahrungserwerb.





Pedicellarien



Ambulakralfüßchen, Effektoren eines hydropneumatischen Systems (Hydrocoel)



St. Echinodermata

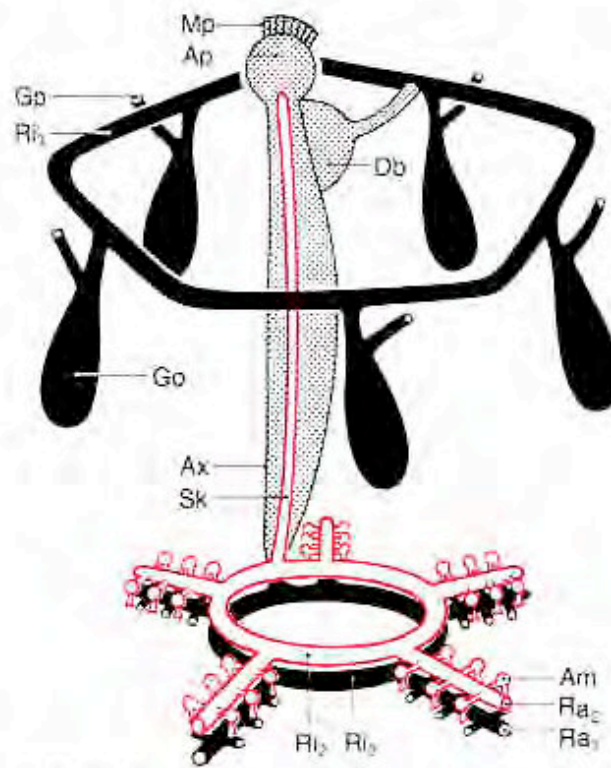
Coelom dreiteilig

Axocoel mit Axialorgan
u. Madreporenplatte
(Coelomporen)

Echinodermen mit dem
umgebenden Seewasser
isotonisch; Nephridien
fehlen. Axialorgan könnte
den Nierenglomerulie
homolog sein.

Hydrocoel - Ringsystem mit 5 Radiärgefäßen
(Ambulakren), Ambulakralsystem, mit Steinkanal
zur Madreporenplatte, Ambulakralfüßen zur
Fortbewegung

Somatocoel bildet die große Leibeshöhle,
einen oralen u. einen aboralen Ringkanal, meist
mit 5 Säckchen, enthalten die Gonaden.



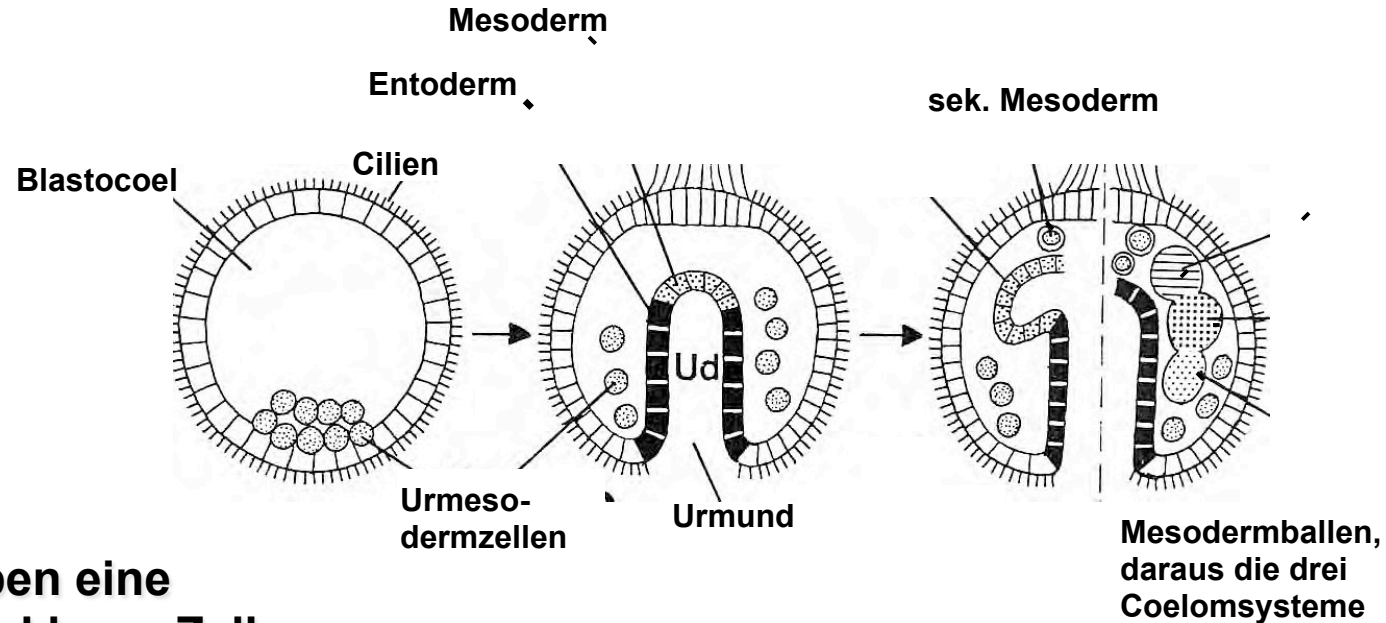
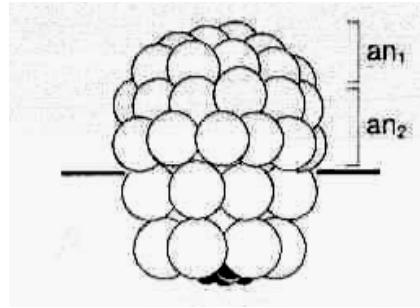
Am	Ambulacralfüßchen mit -ampulle
Ap	Ampulle des linken Protocoels
Ax	Axialcoelom (linker Protocoel- schlauch)
Db	Dorsalblase (Rest des rechten Protocoels)
Go	Gonade
Gp	Genitalporus
Mp	Madreporenplatte
Ra _{2,3}	Radiärkanäle des Meso- und Metacoels
Ri ₂	Ringkanal des Mesocoels
Ri ₃	oraler (unten) und aboraler (oben) Ringkanal des Metacoels
Sk	Steinkanal

Abb. 12.76 Schema der Coelomräume der Echinodermen (kombiniert nach Kaestner).
Proto-(Axo-)coel gerastert, Meso-(Hydro-)coel in Farbe, Meta-(Somato-)coel schwarz.

Blutgefäßsystem

in enger Nachbarschaft zu
Coelomkanälen, Darm, Go-
naden und Epidermis. Wich-
tiges Organ ist der Axialkanal.

Fließrichtung und Funktion
umstritten



nach Fioroni, verändert; s.a. Wehner + Gehring, S.

Seeigel haben eine Regulationsentwicklung. Zellen sind ersetzbar, jedoch ist ein animal-vegetativer Gradient unverzichtbar.

**Ontogenese der Echinodermaten
Gastrulation und
Keimblattbildung**

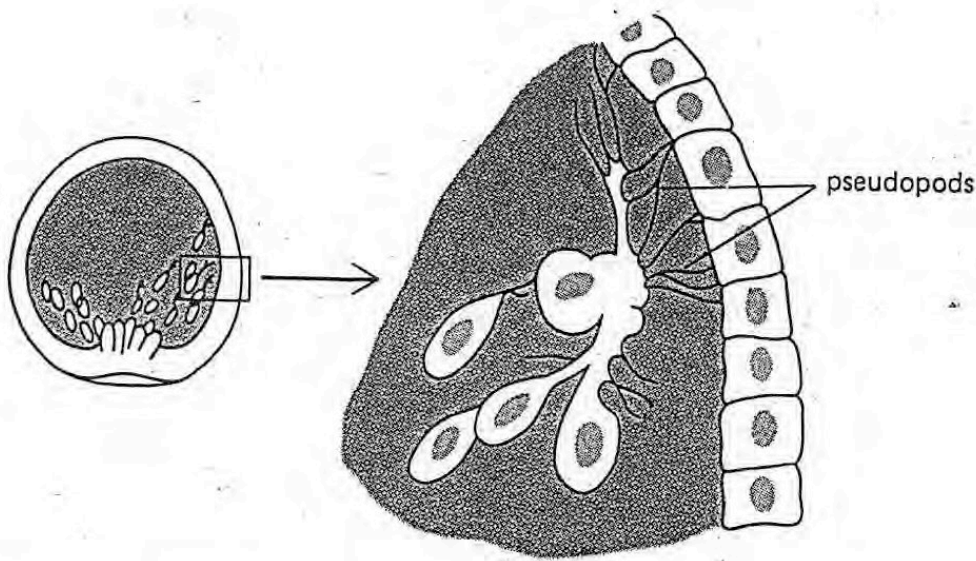
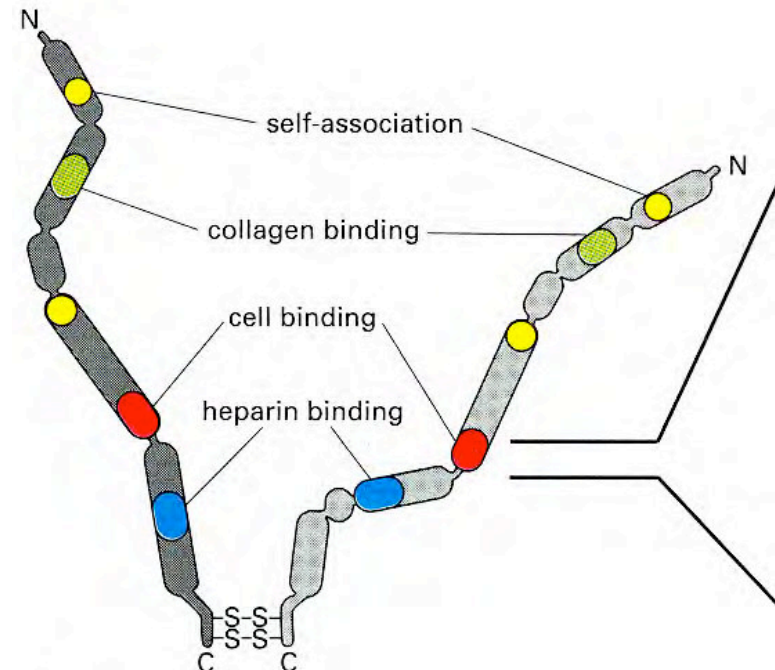


Figure 15-6 The primary mesenchyme cells crawl over the inner face of the wall of the blastocoel by putting out contractile pseudopods with sticky tips. (L. Wolpert and T. Gustafson, *Eng* 26:85-90, 1967.)

Wie finden die Mesenchymzellen "ihren" Weg?

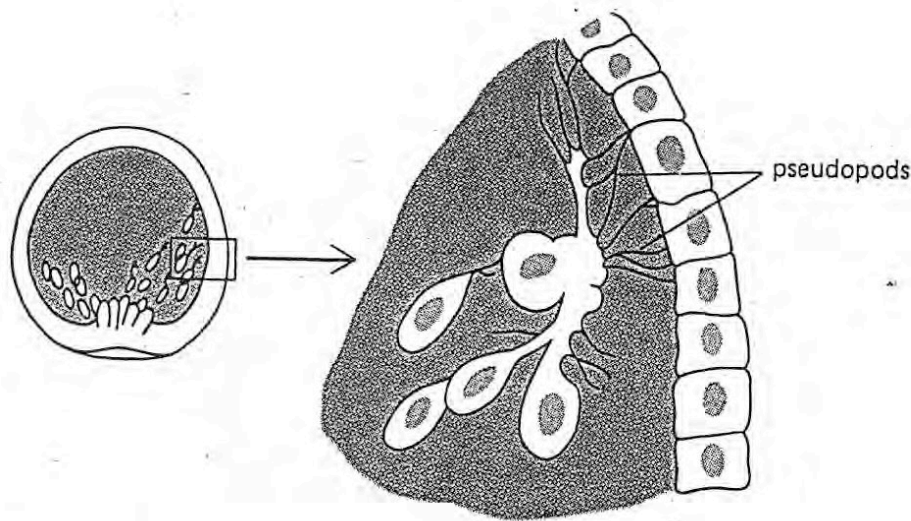
Die Mesenchymzellen wandern an der Wand des Blastocoels entlang. Der Weg wird durch Fibronectine vorgegeben, an die die Zellen mit Integrin- und Laminin-Molekülen anheften. Über diese Membran-Moleküle wird der Bezug zum Zytoskelett (hier in den feinen Filopodien) der Mesenchymzellen hergestellt.

Allgemein wird das Wander- und Proliferationsverhalten von Zellen in der Entwicklung, z.B. auch die Wanderung von Nervenzellen, durch Kontakte zu Molekülen der extrazellulären Matrix gesteuert.

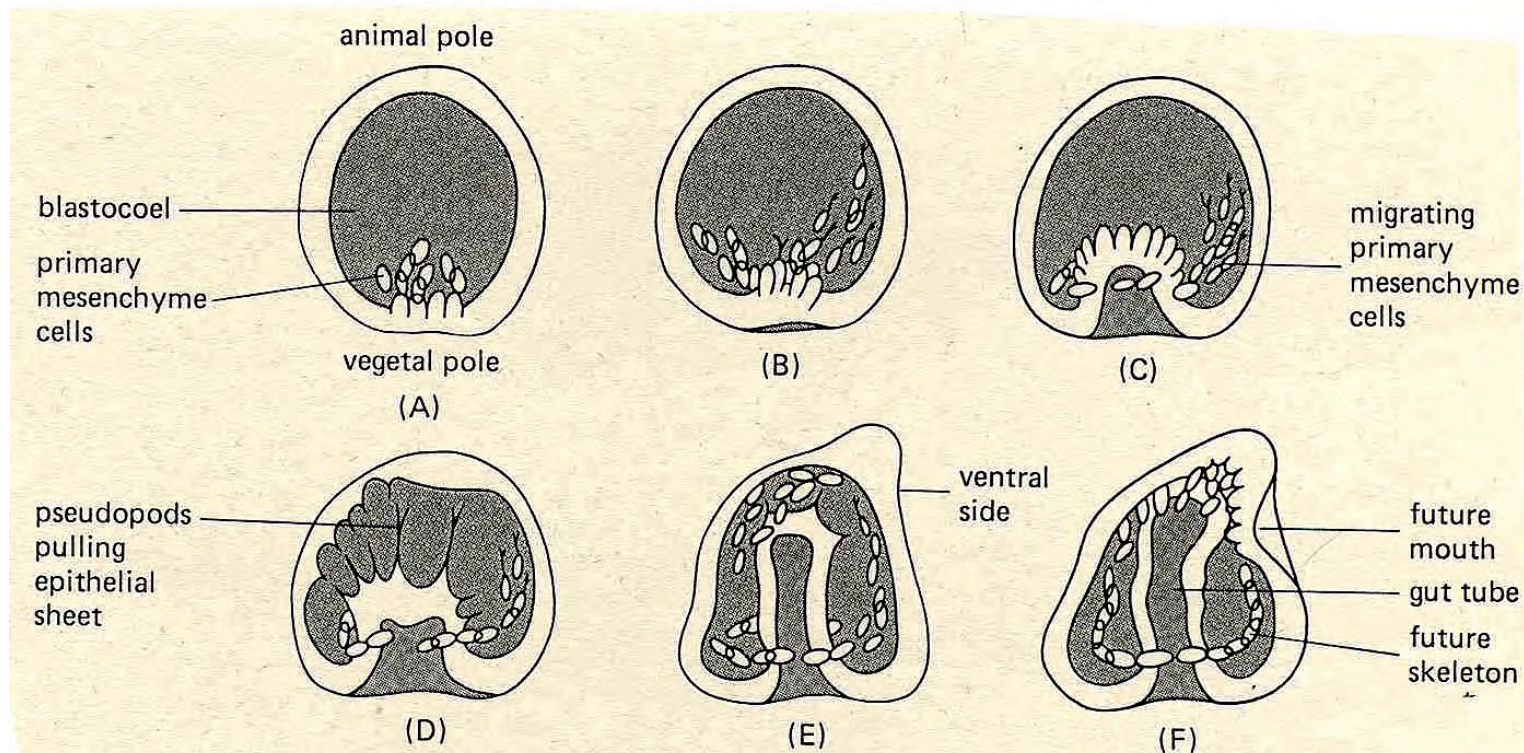


(B) From Alberts et al.: Molecular Biology of the Cell

Zellwanderung und Urdarmentwick- lung im Seeigelkeim

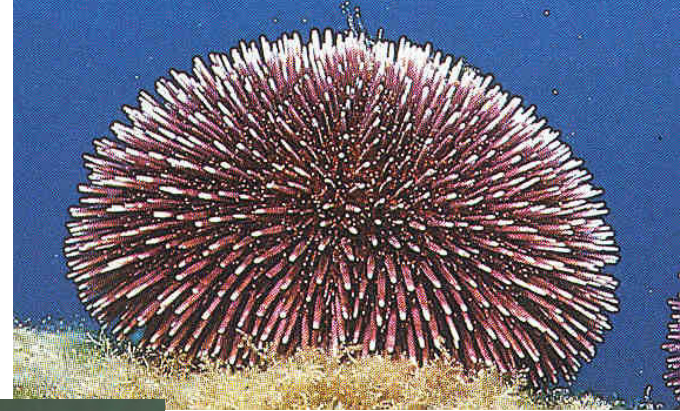


Die Zellen des Urdarmdachs (Mesodermzellen) ziehen mit ihren Pseudopodien über Kontakte zur extrazellulären Matrix den Urdarm ins Blastocoel hinein.



Seeigel - Larvenstadien

Sphaerechinus granularis

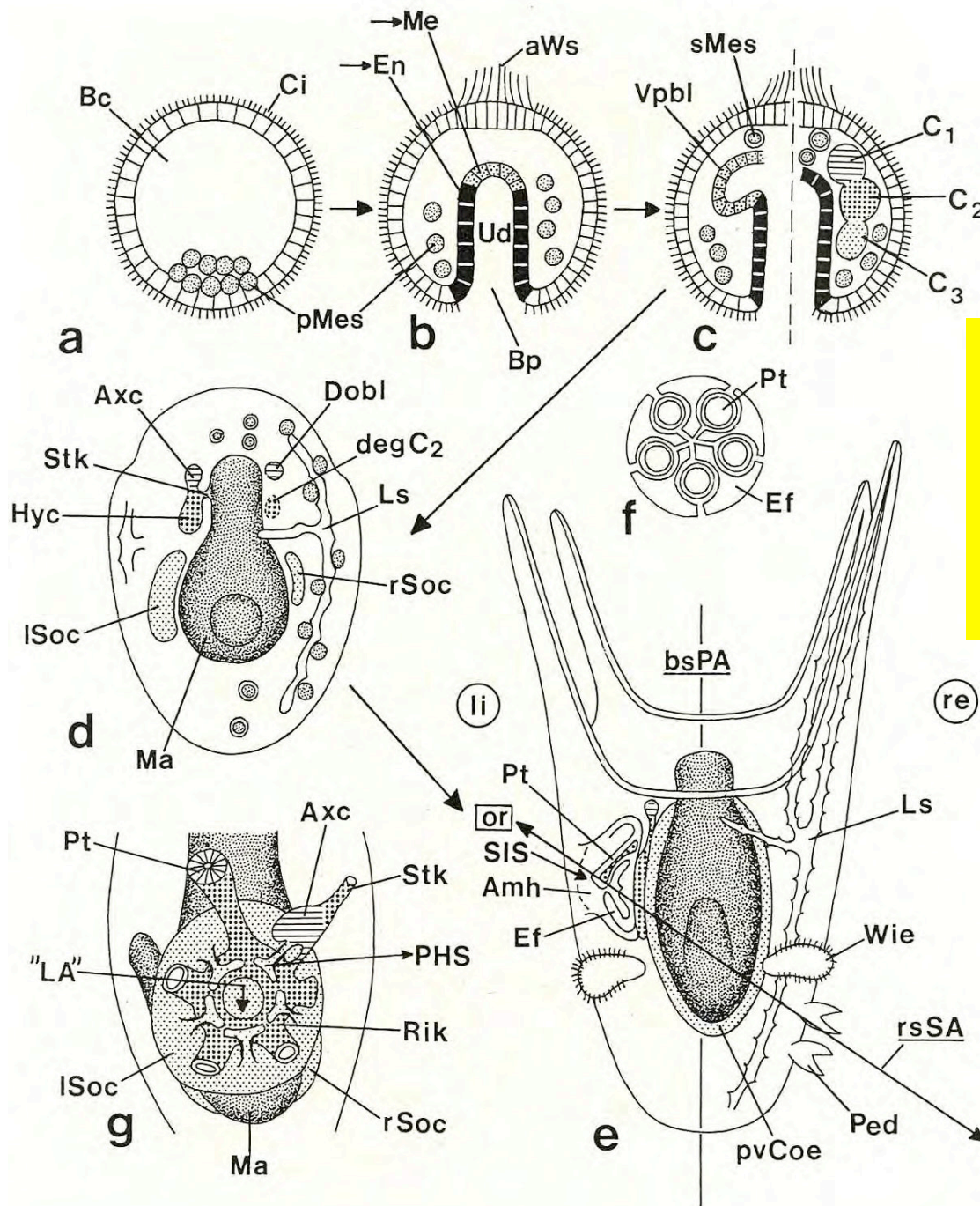


Gastrula



Plutei





Weiterentwicklung der Seeigellarve das Schicksal der Keimblätter

Axc - Acocoele
Hyc - Hydrocoele
Soc - Somatocoele
Ls - Larvalskelett

aus Fioroni: Allg. u. vergl.
Embryologie der Tiere.
Springer Verlag

Morphogenetische Gradienten im Seeigelkeim

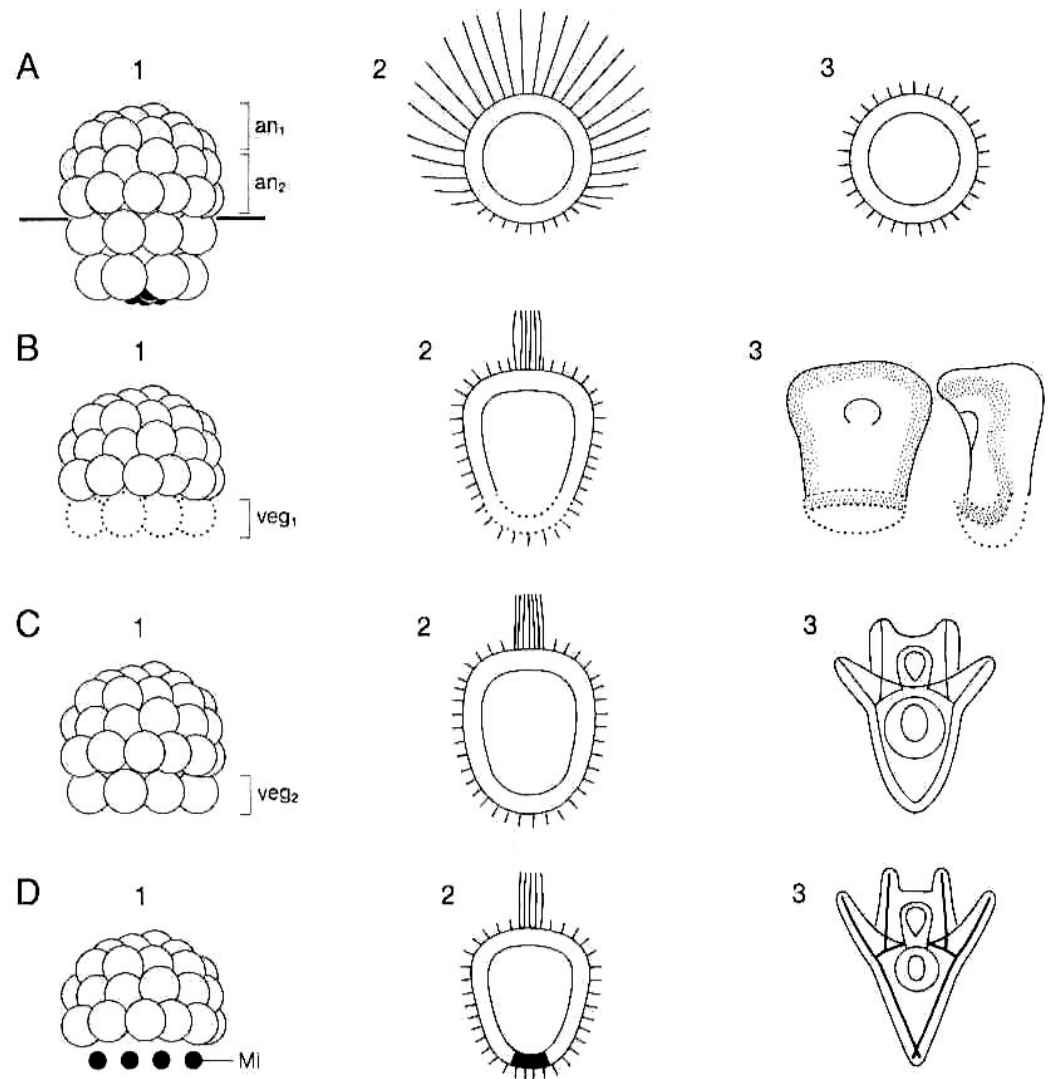


Abb. 3.25 Nachweis von morphogenetischen Gradienten am Seeigelkeim.

A Isolation der animalen Zellkränze an_1 und an_2 im 64-Zellstadium. Kombination von an_1 und an_2 mit

B veg_1 ,

C veg_2 und

D Mikromeren

Weitere Erklärungen im Text (nach Hörstadius).

1 Operationsstadium

2 Entwicklung zur Blastula

3 endgültig erreichtes Stadium

an animal

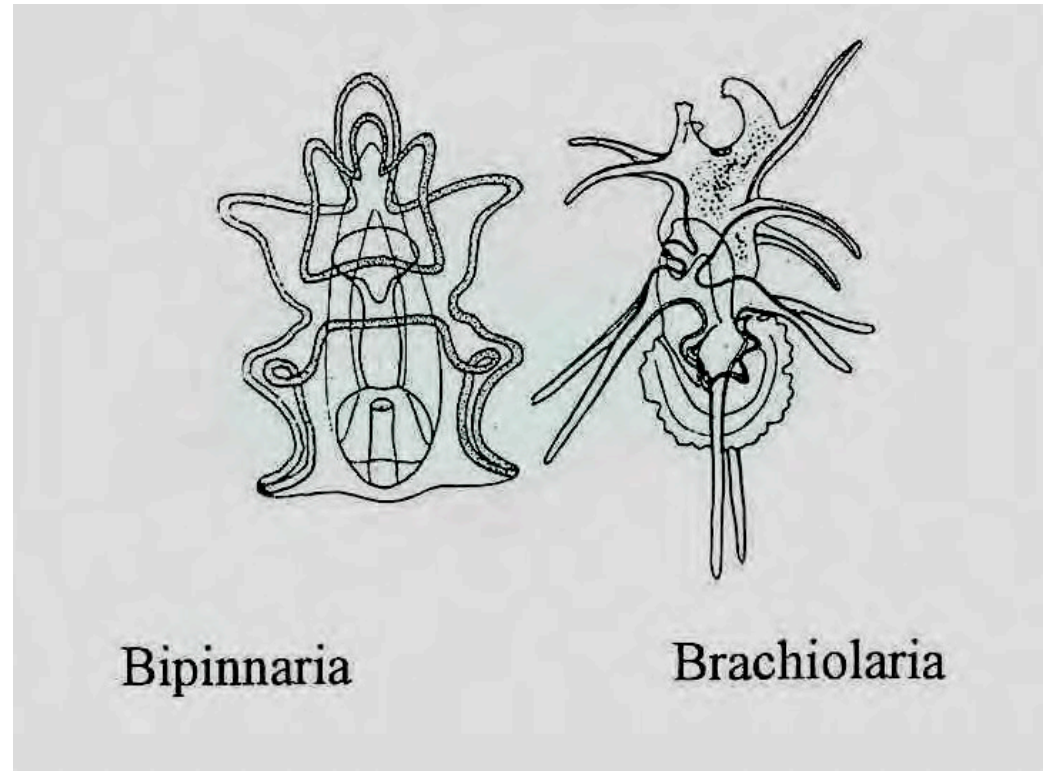
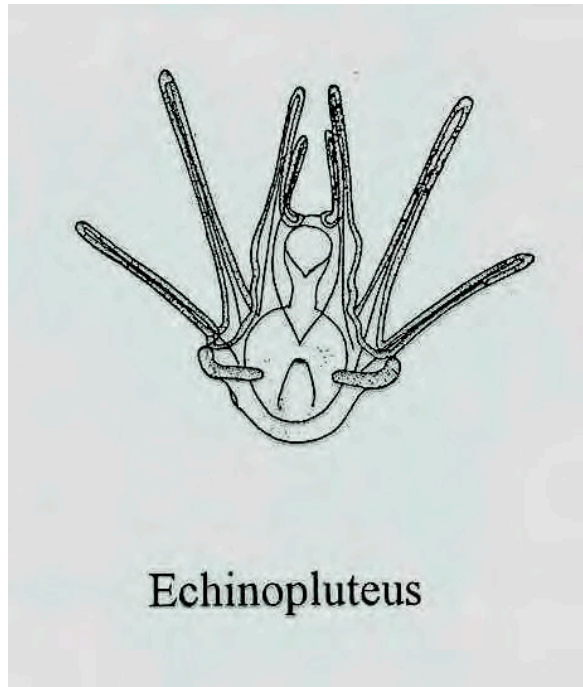
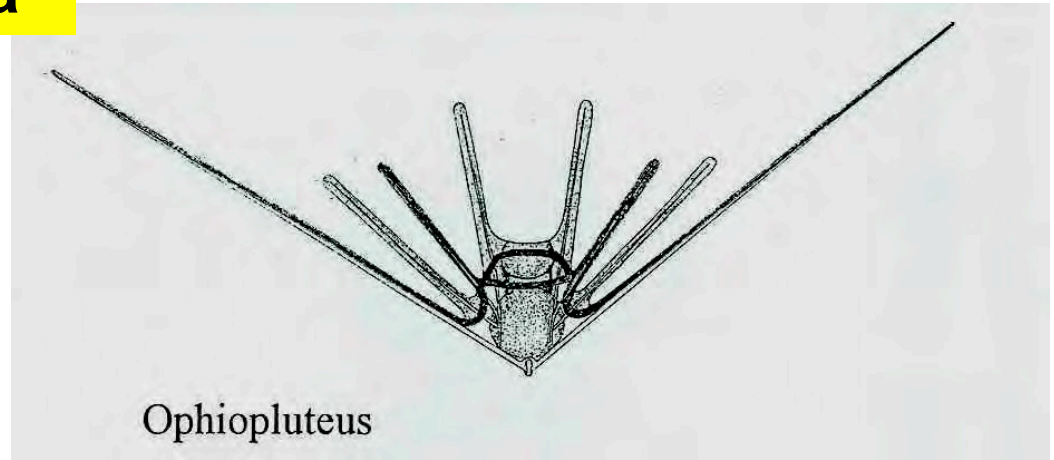
Mi Mikromeren

veg vegetativ

aus Wehner und Gehring

Stamm Echinodermata

Larven

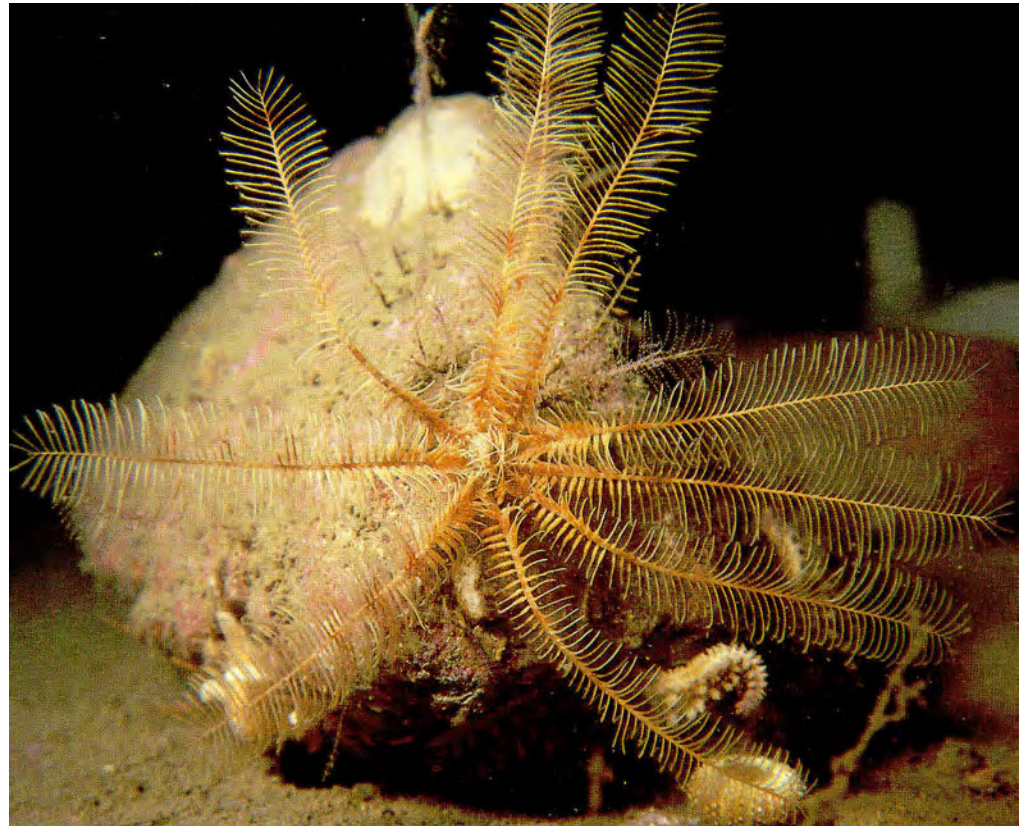


Stamm Echinodermata

Crinoidea

Haarsterne

**Crinoiden sind sessile,
meist gestielte Filtrierer
filigran gebaut, nicht im
bewegten
Oberflächenwasser**



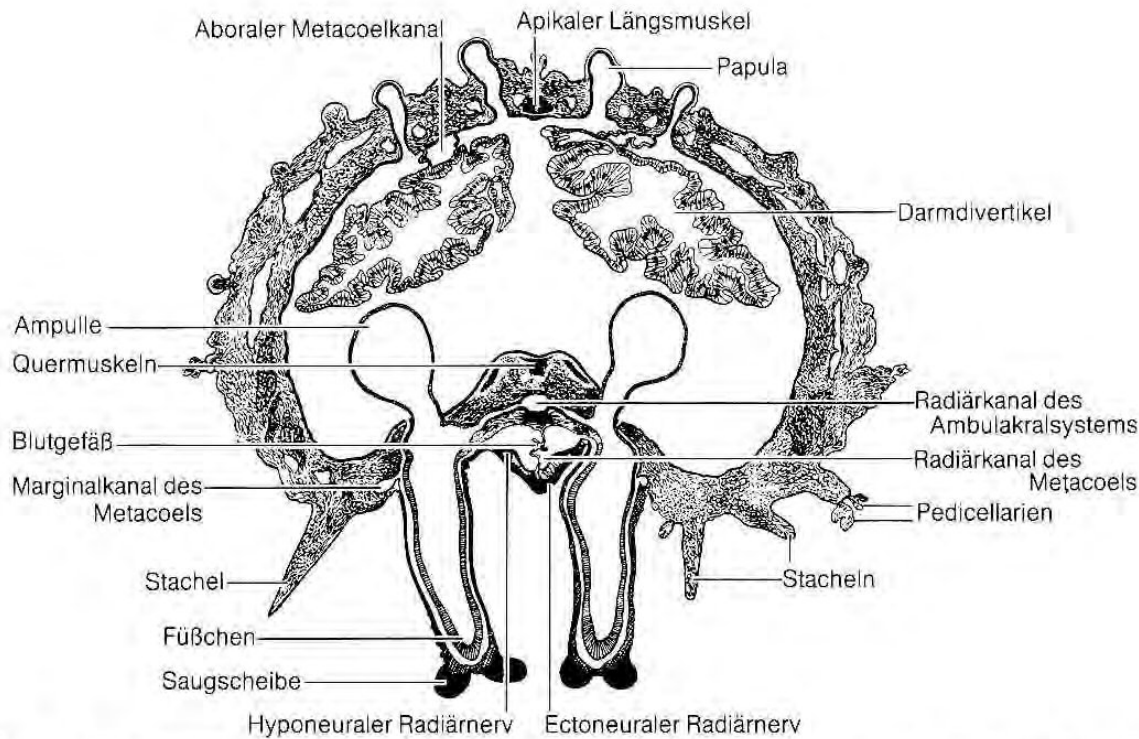


Abb. 166: Querschnitt durch einen entkalkten Arm von *Asterias rubens*; die schmalen Räume in der seitlichen Körperwand gehören dem Somatocoel an.

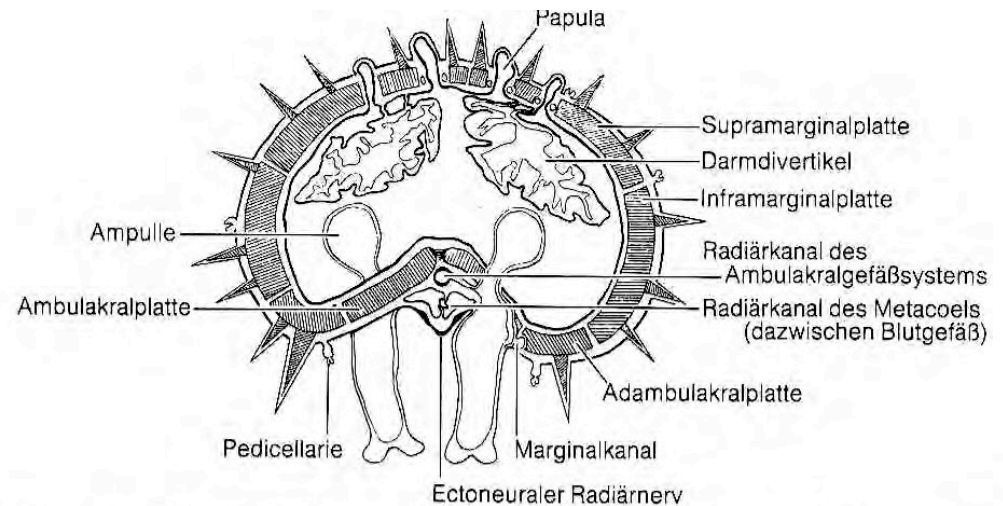


Abb. 165: Querschnitt durch einen Arm von *Asterias rubens*, mit eingezeichneten Skeletstückchen; schematisiert.

Stamm Echinodermata

Asteroidea

Seesterne

viele leben räuberisch

Stamm Echinodermata

Ophiuroidea

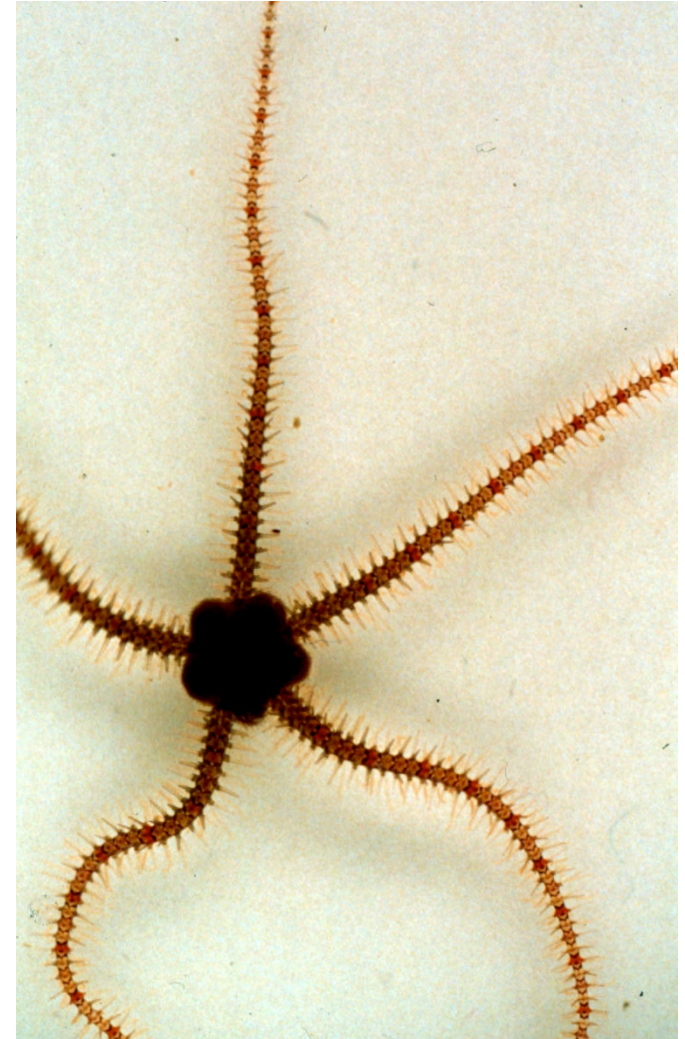
Schlangensterne

▫ Ophiuriden zeigen heftig schlängelnde Bewegungen der Arme, sie sind dadurch die schnellsten Echinodermen

Madreporenplatte mit nur 1 Porus liegt oral

Keine Ambulakralfüßchen, aber Tentakel (klebrig) zum Nahrungssammeln.

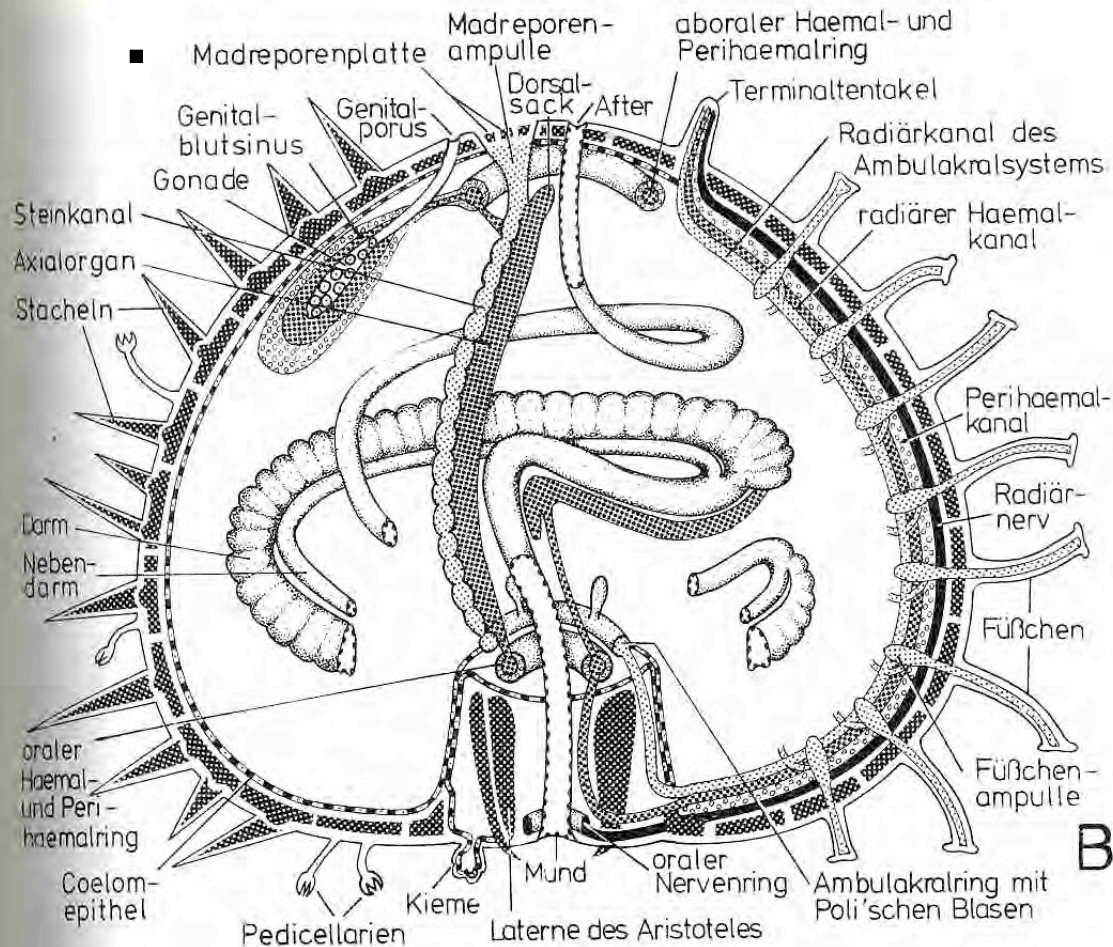
Oft eingegraben im Sand / Sediment



Stamm Echinodermata

Echinoidea

Seeigel



■ **Komplizierter Kieferapparat entwickelt (Laterne des Aristoteles) aus ca 40 Kalkplatten und 6 Muskelgruppen**

Ambulakren nach dorsal verschoben

Madreporenplatte dorsal

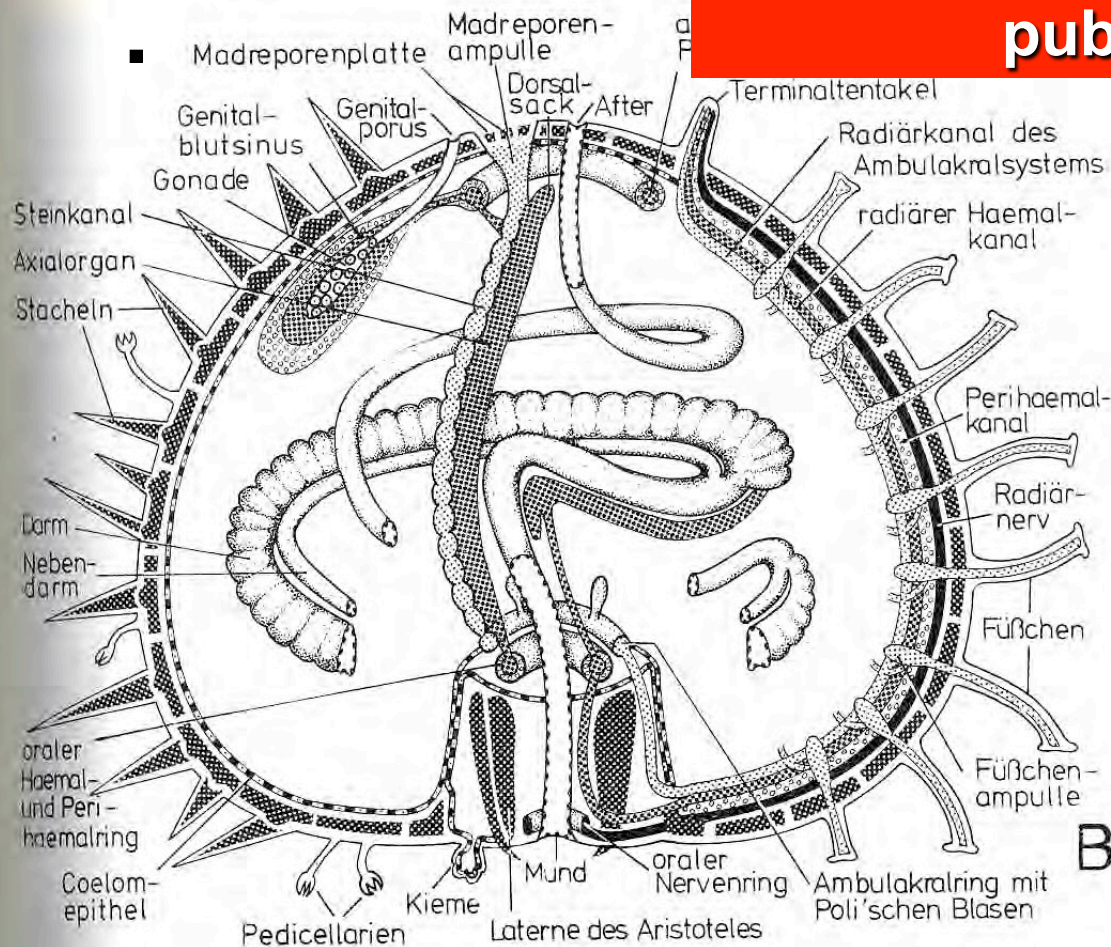
Abb. 333: Organisationsschema eines «regulären» Seeigels. (nach NICHOLS).

Stamm Echinodermata

Echinoidea

Seeigel

Im Oktober 2006 wurde die Sequenzierung des Genoms von *Strongylocentrotus purpuratus* in Science publiziert.



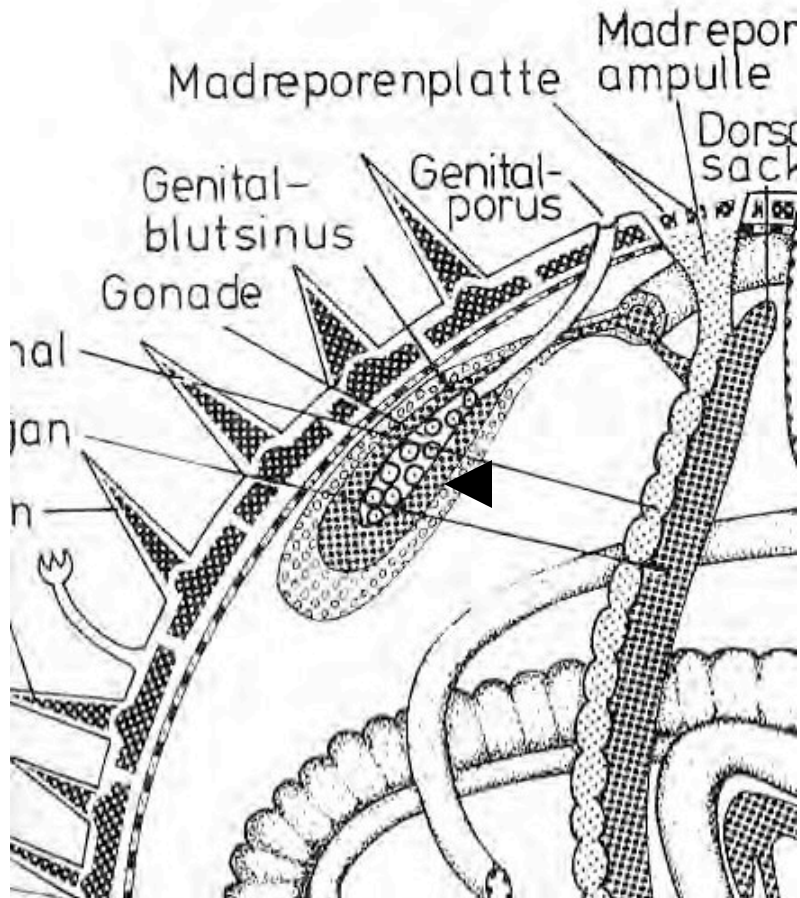
▪ Komplizierter Kieferapparat entwickelt (Laterne des Aristoteles) aus ca 40 Kalkplatten und 6 Muskelgruppen

Ambulakren nach dorsal verschoben

Madreporenplatte dorsal

Abb. 333: Organisationsschema eines «regulären» Seeigels. (nach NICHOLS).

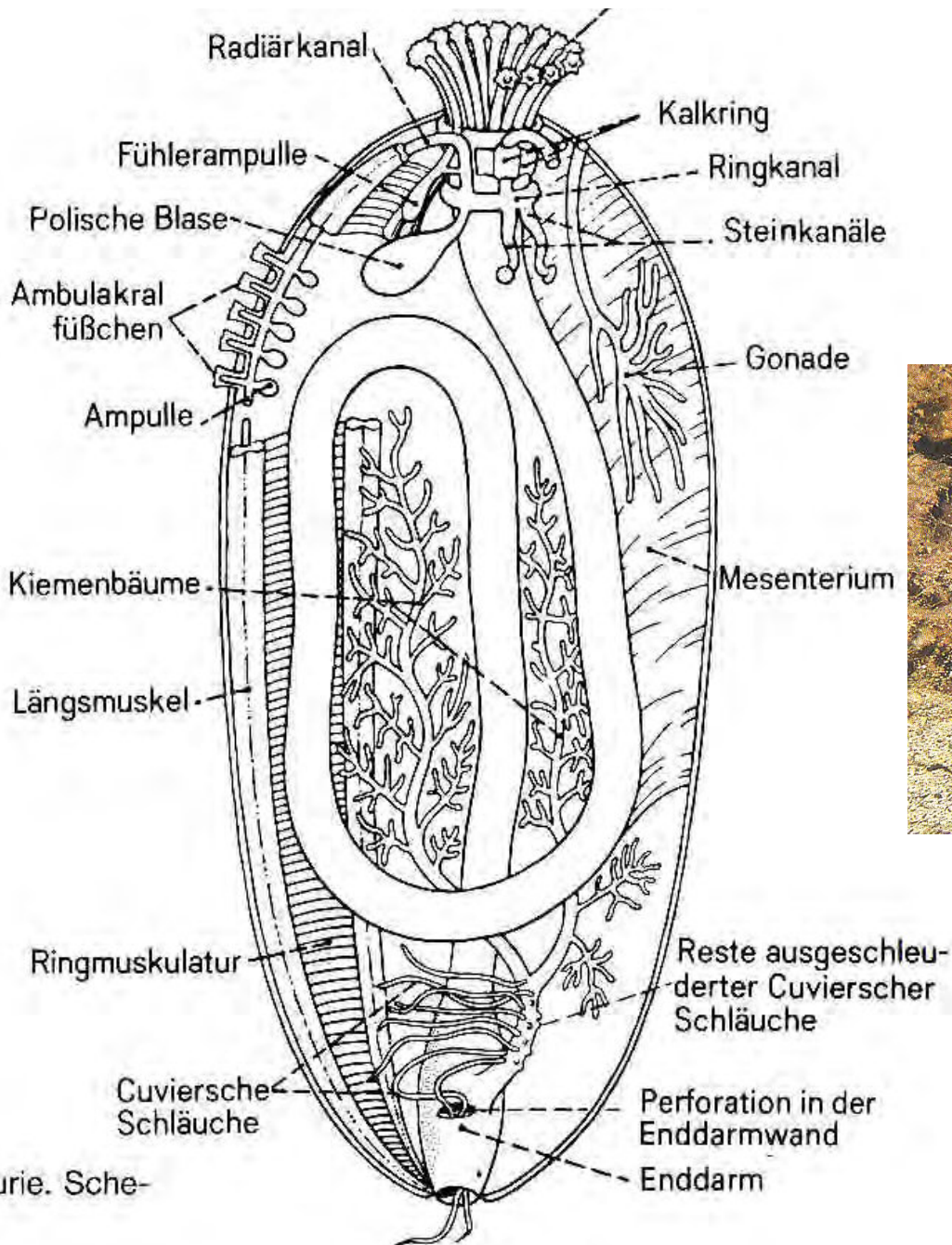
Seeigel-Ovarien gelten in Japan als Delikatesse



Stamm Echinodermata

Holothuroidea

Seegurken



in den Wasserlungen mancher Seegurken leben Fische.



Einige Holothurien können die klebrigen Cuvierschen Schläuche zur Verteidigung ausstülpen, notfalls auch den ganzen Darm und die Wasserlungen. All diese Organe können regeneriert werden.





Sanddollars, flache Seeigel, Japan

Vorlesung

Grundlagen der Bionik



09.12.2013 Dr. Oliver Schwarz



Winzige Härchen und ein Spezialsekret: Damit können sich Schaben und Heuschrecken nicht nur an Händen, sondern auch an Glaswänden problemlos halten

Foto: Vey

Ein Pflaster aus Insekten-Kleber

Mit speziellen Sekreten krabbeln Käfer auch über nasse, glitschige Blätter – Forscher wollen daraus ein Haftmittel herstellen

Heuschrecken, Schaben und Käfer können prima klettern, weil sie sich mit einem Sekret ankleben. Zwei Tübinger Biologen wollen die chemische Formel dieses Stoffs herausfinden, um Tesa oder Pflaster zu entwickeln, die sich tausendfach ablösen lassen – ohne dabei Spuren zu hinterlassen.

flächen selbstreinigend, die Sohlen bleiben also fast sauber. Damit kann der Insekten-Kleber, wovon man beim Tesafilm nur träumen kann. Denn zieht man den Tesafilm wieder ab, beispielsweise von Papier, bleiben am Film Papierfetzen haften. Fetzenfrei dagegen bleibt der Insekten-Kleber.

Um die besonderen Eigenschaften des Insekten-Sekrets für die Herstellung von Kleber nutzen zu können, müssen die beiden Forscher jedoch noch einige Geheimnisse

etwa als Wundpflaster. Auch in der Herstellung von Mikrochips könnte er eine wichtige Rolle spielen. Denn die Hafteigenschaften sind optimal, damit Roboter die Chips aufnehmen und an den nächsten Arbeitsprozess weiterleiten können.

Neben dem industriell Verwertbaren haben Schmitt und Braun ein rein wissenschaftliches Interesse. Denn sie verstehen sich nicht nur als Bioniker, die Vorbilder aus der Natur für technische oder andere

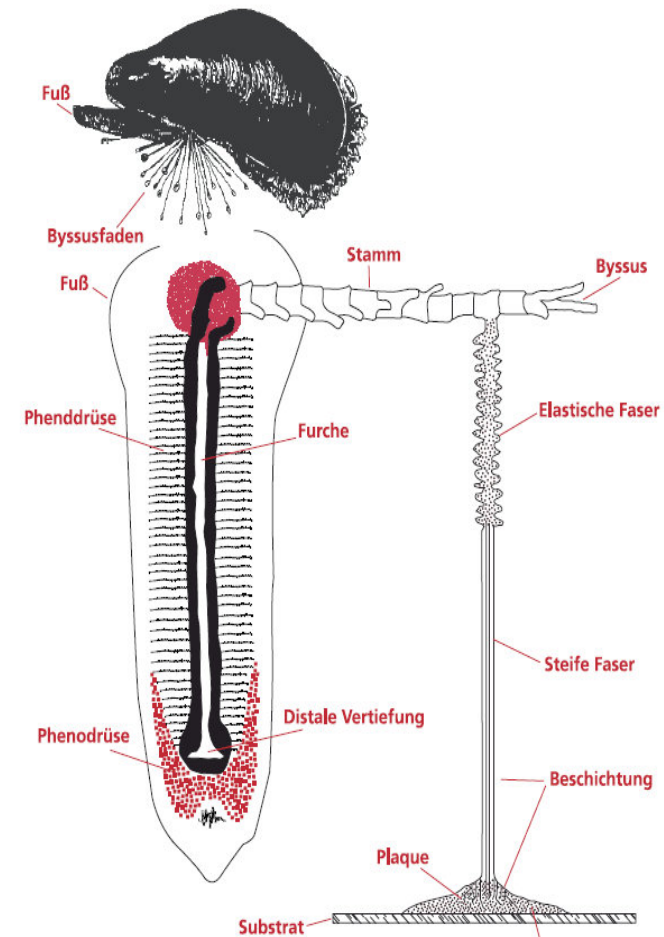
Stichwort

Bionik

- Spinnweben können große Gewichte tragen, die Form von Bienenwaben ist besonders stabil, und Kletten können sich durch elastische Haken überall festkrallen: Bei Tieren und Pflanzen gibt es jede Menge Tricks, die sich Wissenschaftler anschauen können. Zurück zu Tieren und Pflanzen...

Super-Klebstoffe für medizintechnische Anwendungen auf Proteinbasis sind technischen Klebern weit überlegen. Sie haften sogar unter Wasser.

- Beispiel: Miesmuschel (*Mytilus edulis*):
Byssusfäden zur Verankerung
- Byssusfäden entstehen durch Ausscheidung einer Drüse, die Klebprotein erzeugt.
- Aushärtung unter Wasser
- Klebt auf Holz, Metall, Stein, ...
- Die Faser ist goldglänzend, sehr dünn und extrem fest und haltbar, insofern mit modernen Nylonfäden vergleichbar.
- glatte Faseroberfläche ohne Schuppen (nicht wie Haare),
- Durchmesser zwischen 10 und 45 µm
- bestehen aus einem Faserkern aus drei Kollagen-artigen Proteinen *preCol-NG*, *preCol-D* und *preCol-P* und einem Fasermantel aus den Proteinen *Mfp 1–6*



Super-Klebstoffe für medizintechnische Anwendungen

Möglichkeiten für die Zahnmedizin:

- Zahnimplantate im Kiefer befestigen

Möglichkeiten in der Medizin: Kleben statt Nähen?

- Verkleben von Knochenbrüchen
- Verheilen innerer Wunden nach chirurgischen Eingriffen
- Beschleunigte Wundheilung
- Einkleben von Herzklappen
- Netzhautreparaturen

Für 1 g werden 10.000 Muscheln benötigt,
Kosten: 130.000 €

Die Proteinbasierten Adhäsivmaterialien sind bekannt.
Die Härtungsmechanismen jedoch noch nicht vollständig
entschlüsselt. Auslösefaktoren sind Übergangsmetallionen,
Enzyme und einfache Oxidantien.



Bremen: Überseemuseum:
Handschuh aus
Byssosfäden

Definition Kohäsion



Als **Kohäsion** bezeichnet man die Bindungskräfte zwischen Atomen sowie zwischen Molekülen **innerhalb eines Stoffes**. Die Kräfte sorgen für seinen Zusammenhalt. Sie wirken in Flüssigkeiten oder in Festkörpern und führen an den Oberflächen eines Stoffes zur Oberflächenspannung.

Die Kohäsion wird durch folgende Wechselwirkungen verursacht:

- durch **chemische Bindungen** innerhalb von chemischen Verbindungen,
- durch **zwischenmolekulare Kräfte**, wie Van-der-Waals-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen
- durch **mechanische Verschlaufung** fadenförmiger Makromoleküle oder Verfilzung faserförmiger Stoffe.

-Beispiel: Verbandsbandagen (s. Bild oben)

Definition Adhäsion

Die Adhäsion beruht hingegen auf Bindungskräften zwischen zwei unterschiedlichen Phasen.

A) Mechanische Adhäsion

Verklammerungen eines Klebstoffes in den mikroskopisch kleinen Poren und Vertiefungen eines festen Körpers.

B) Spezifische Adhäsion

Der **Polarisationstheorie** (De Bruyne 1935) zufolge beruht Adhäsion auf dem Dipolcharakter der Moleküle. Dieser Erklärungsansatz ist jedoch auf polare Stoffe beschränkt.

Die **elektrostatische Theorie** (Derjagin 1950) setzt eine elektrische Doppelschicht (eine mehrere Molekül- oder Atomschichten dicke Raumladungszone, hervorgerufen durch Ladungsverschiebungen) als Ursache für die Adhäsionskraft an. Dafür müssen allerdings geeignete Ladungsträger, wie Elektronen oder Ionen, vorhanden sein.

Die **Diffusionstheorie** (Voyutskij 1960) legt die Brownschen Molekularbewegung (also die durch die Temperatur verursachte Eigenbewegung der Moleküle) zu Grunde, die dazu führt, dass Teilchen der beiden beteiligten Stoffe ineinander diffundieren, was meist nur bei Kunststoffen der Fall ist.

Wenn das Wörtchen Wenn nicht wäre...

Könnte man kontrolliertes Wachstum von Calciumcarbonat (*crystal engineering*), wäre man in der Lage

- optische Schaltelemente herzustellen, die in modernen Lichtleitern Verwendung finden könnten.

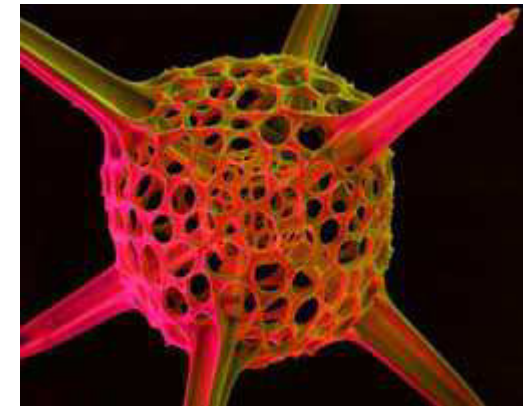
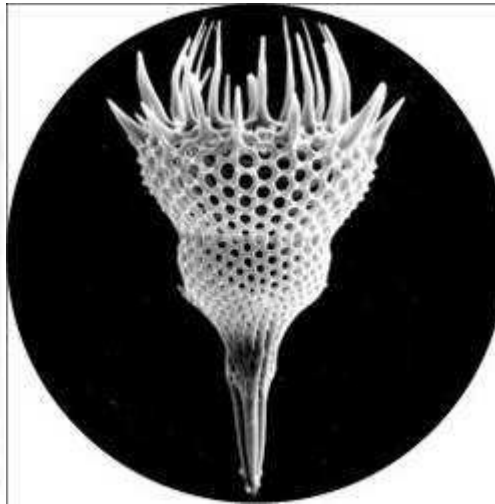
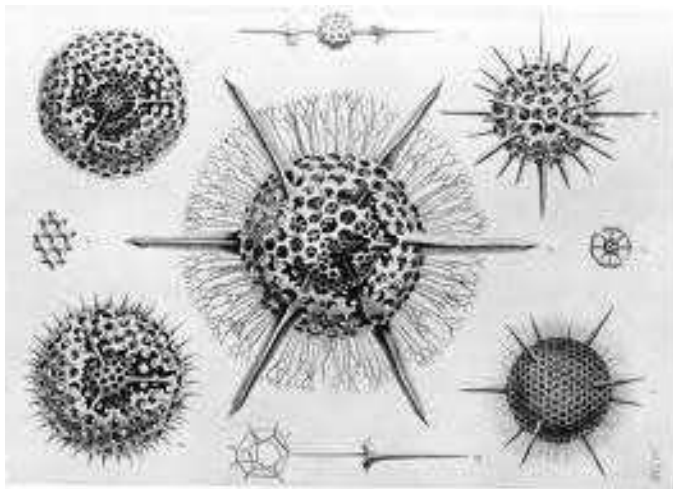
Könnte man Calciumphosphat kontrolliert wachsen lassen,

- könnten Knochen- und Zahnersatzmaterialien hergestellt werden.

Einblick in die Fossilien:

- Ein Drittel fossiler Organismen verwendeten Calciumphosphat (Apatit) ,
- Der überwiegende Teil Calciumcarbonat (Calcit) verwendet,
- Einige Siliziumdioxid,

Von Strahlentierchen oder Radiolarien



- Bestehen aus Endoskelett aus Opal (amorphes Siliziumdioxid, SiO_2),
- Gehören zu den Eukaryoten
- Die Radiolarien haben radial abstehende Cytoplasma-Fortsätze (Axopodien), die von innen mit dünnen, starren Stacheln aus Siliciumdioxid und von aus **Protein** bestehenden Bündeln von Mikrotubuli gestützt werden.
- Arten der Gruppe der Acantharea bilden die Stacheln aus Strontiumsulfat.

Keramische Werkstoffe – bioinspiriert

Seeigel, Muscheln, bestehen aus kristallinem Calciumcarbonat CaCO_3

Die Strukturen der Seeigel-Stachel bestehen z.T. aus einkristallinen Strukturen -> perfekte fehlerlose Raumgitter

Stachelwachstum bei 2 bis 4 Wochen alten Larven beginnt an einem kleinen Calciteinkristall und setzt sich in einer Raumrichtung fort.

-Die biologische Anordnung geschieht bei „Badewassertemperatur“

Die technische bei hohen Temperaturen



Quelle: Tauchen24.info



Schnitt durch einen Stachel
Quelle: Joachim Stanek

Keramische Werkstoffe – bioinspiriert

Die **Glasschwämme** (Hexactinellida)

- Gehören zum Stamm der Schwämme (Porifera).
- etwa 500 Arten, die ausschließlich im Meer leben
- Glasschwämme stellen 7 % aller bekannten Schwammarten.
- Hohe Dichte um die Antarktis herum in Tiefe von 100-500m.
- Glasschwämme gehören zu den ältesten vielzelligen Tieren der Erdgeschichte (545 Millionen Jahre)
- Der Mechanismus der Nadelbildung der Hexactinellida ist in seinen Grundzügen aufgeklärt.



Die Fasern sind über viele Größenordnungen und insgesamt sieben hierarchische Ebenen vom Nanometer bis zum Zentimeter optimal miteinander verknüpft.

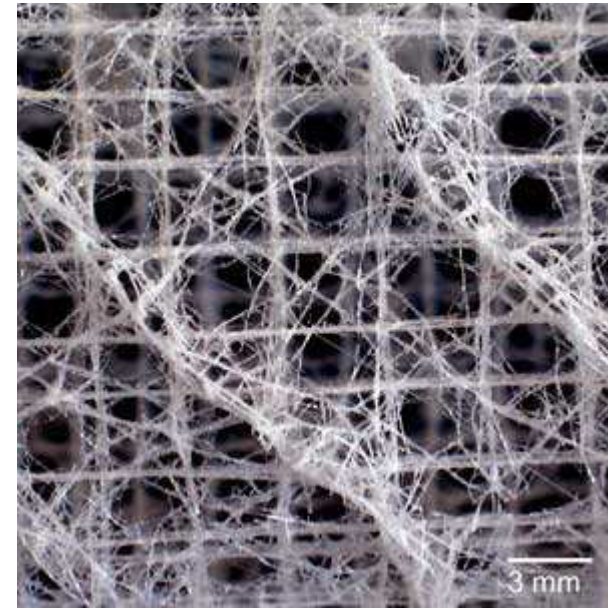
Die Konzeption ähnelt einer Fachwerkkonstruktion.

Die gesamte Struktur ist zusätzlich durch spiralförmige Rippen verstärkt.

Damit ist der Schwamm ein Lehrbuchbeispiel, wie sich mit spröden Materialien wie Glas bruchfeste Strukturen erzeugen lassen.

Film

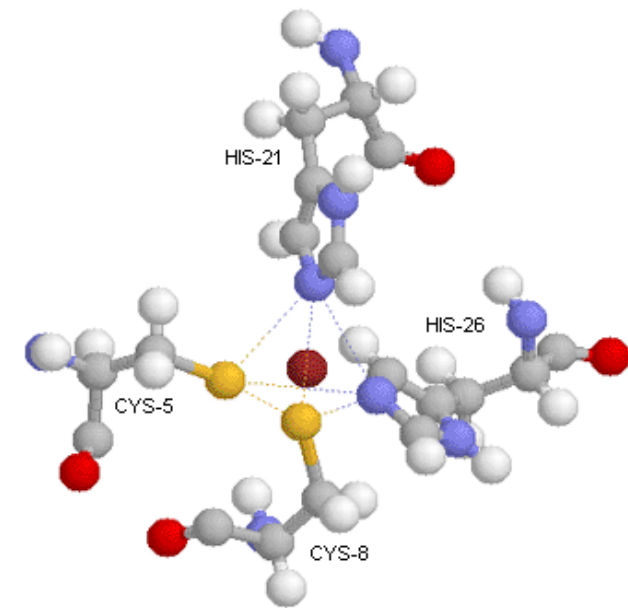
<http://www.youtube.com/watch?v=9gz9nQxQ2a4>



Euplectella aspergillum

Quelle: Presstext Deutschland

- Die Nadeln bestehen aus konzentrisch abgeschiedenen Lagen um einen zentralen Hohlkanal, den ein organisches **Axialfilament** ausfüllt. Dieses besteht größtenteils aus einem silikat-abscheidenden **Enzym**, benannt Silicatein, (Cathepsin-Unterfamilie).
- Ein weiteres Enzym, die Silicase, dient dazu, das amorphe Si in Lösung zu halten. Silicase ist verwandt zu den Kohlenstoff-Anhydrasen, aktives Zentrum ist ein Metallkomplex mit Beteiligung von Zink. Die fertigen Nadeln bestehen neben der amorphen Silikat-Glasmasse zu größeren Anteilen aus **Strukturproteinen**, vermutlich zu großen Teilen Kollagen.
- Der "**Verbundwerkstoff**" aus Silikatglas und Protein ist elastischer als reines Glas. So ist es möglich, eine Schwammnadel bis in Kreisform zu biegen; beim Loslassen kehrt sie unbeschädigt in ihre Ausgangsform zurück.



Aragonit

Zinkatom im „Zinkfinger“

Quelle: cgi.chemie.tu-darmstadt.de

Keramische Werkstoffe – bioinspiriert

Perlmutter der Austern ist ein Verbundwerkstoff

95% Kalk (Aragonitkristalle), 5% Eiweiß

Aragonitkristalle sind sechseckige, viele μm lange, aber nur einige hundert nm dicke Kristalle

Muscheln verkleben die Kristalle wie Ziegel mit dünnen Biokleberschichten

Wenige hundert nm dicke transparente Kalkschichten wechseln mit x nm dicken Proteinschichten ab. Diese Schichtung liegt im Wellenbereich des sichtbaren Lichts (380-780nm) -> buntschillerndes Aussehen

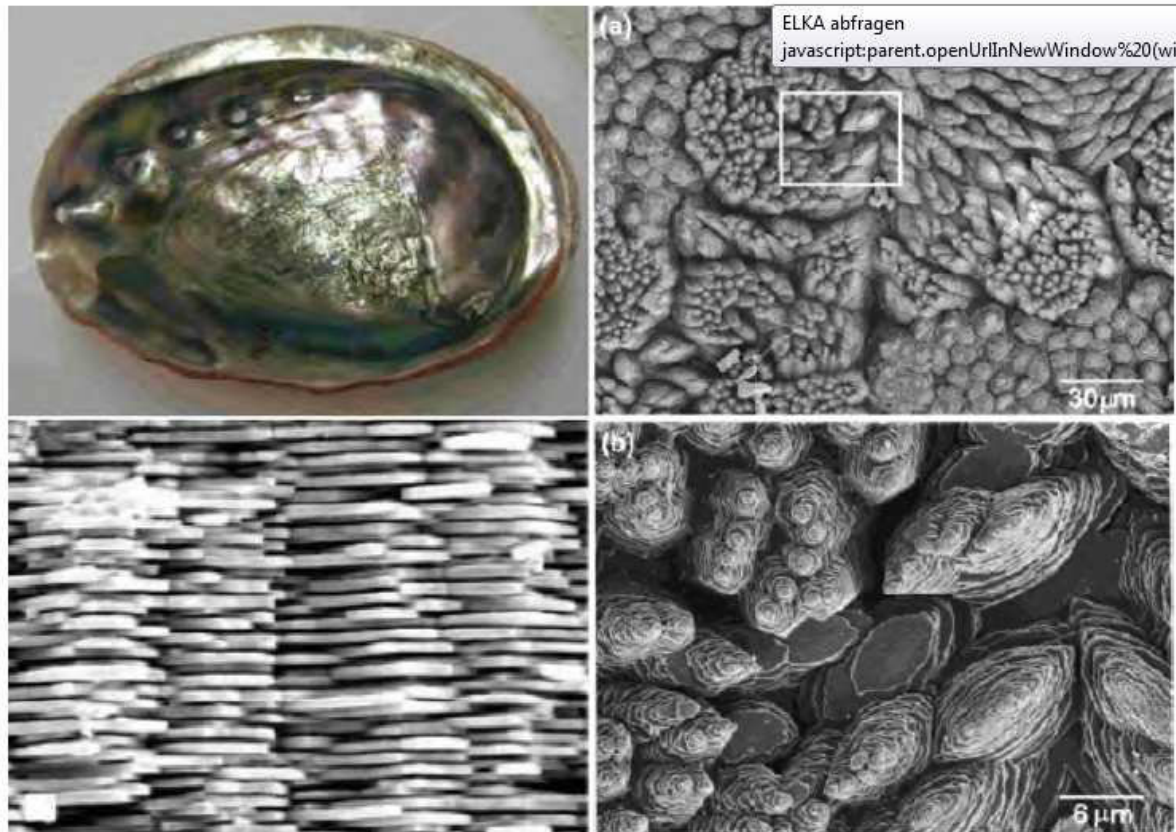
Die **Bruchzähigkeit ist um 3000 x** höher als bei reinem Aragonit



Austern



Aragonit



Abbildungen von verschiedenen Bereichen der Perlmuttertschicht einer Muschelschale. Deutlich ist die gestapelte Anordnung der Aragonit-plättchen zu erkennen. Es werden stapelförmige Superstrukturen gebildet, die kristalline Brücken verknüpft sind (nicht gezeigt) und so der Schale ihre mechanische Belastbarkeit verleihen

Vier Stufen der Biomineralisation

Ziel: Die technische Übertragung von biologischen Prinzipien auf die Generierung von neuen komplex-strukturierten und multifunktionellen keramischen Materialien:

1. die supramolekulare Organisation von Biomolekülen (Aufbau einer reaktiven Umgebung, organische Templates, „Schablonen“, „Self-Assembled Monolayers“, SAMs),
2. die molekulare Grenzflächenerkennung (kontrollierte Bildung anorganischer Keime),
3. die vektorielle Regulierung (Wachstum und Terminierung der Keime)
4. zellulärer Aufbau (Bildung hierarchischer Strukturen)

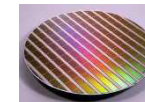
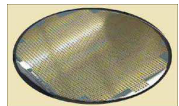
Keramische Werkstoffe – bioinspiriert

→ lässt sich schwer mit anderen Materialien , wie z.B. Kunststoffen und Metallen kombinieren.

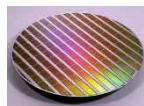
Ca, Mg, Fe, Si, Ba oder Sr sind die Materialien in der belebten Natur in Form von Oxiden, Carbonaten, Phosphaten, Oxalaten, Sulfaten oder Sulfiden

Die Oxide der Übergangsmetalle Zirkonium, Titan oder Zink sowie weitere keramische Werkstoffe fehlen aber in der belebten Natur.

Trick: Analoge Herstellung von TiO_2 –Sandwiches



Wafer + große geladene Polymermoleküle = 25 nm Polymerschicht auf Silizium



Polymerschicht auf Silizium + wässr. Lösung TiO_2 = 120 nm TiO_2 auf Polymerschicht

Keramische Werkstoffe – bioinspiriert

Auch Kunststoffe keramisch beschichtbar -> UV Schutz, Kratzfestigkeit, Selbstreinigung etc.

Beispiele:

1. Zirkoniumdioxid (ZrO_2) hohe Sauerstoffionenleitfähigkeit -> vielversprechendes Basismaterial für die Herstellung von Brennstoffzellen
2. $\text{TiO}_2/\text{V}_2\text{O}_5$ -> Katalysator für Stickoxyde
3. ZnO_2 + Histidin + Cystein

-> Verschiedene Konformationen herstellbar:

- schwammartig
- sechseckige Plättchen
- glatte Schichten

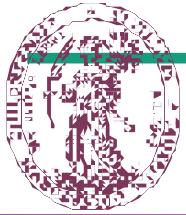
4. Metallsalze + Proteine, Zucker, Gelatine,

5. Metallsalze + DNA-Stränge für Nanoelektronik

Fast alle organischen Begleitsubstanzen haben eine Gemeinsamkeit: Sie sind sehr reich an **Carboxylatgruppen, Phosphat- oder Sulfatgruppen** also negativ geladen. Durch die Anwesenheit von geladenen, funktionellen Gruppen werden biologische Makromoleküle zu ausgezeichneten Kandidaten für die Wechselwirkung mit polaren, ionischen Festkörpern

Haften ohne zu kleben

Freundliche Bereitstellung der Unterlagen von Prof. Gorb, Universität Kiel



2011

www.flyfoot.de

Michael Varenberg
Ralf Spolenak
Alexander Filipov
Jan Michels
Henrik Peisker
Alexander Kovalev
Bo Persson
Andrei Peressadko
Lars Heepe
Jan Tuma



'Crazy' Tape Holds
weight of Man:
Discovery News



Welches Material wollen wir entwickeln?

Es soll kleben...

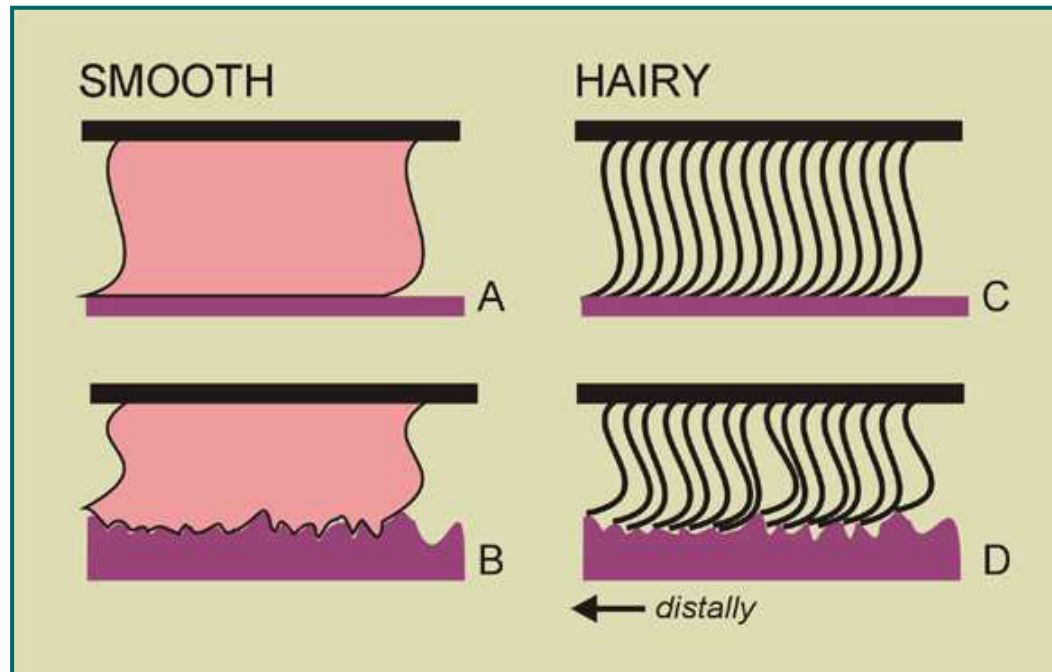
Und wir wollen es verwenden für das Gehen an der Wand und Decke?

- an unvorhersehbaren Oberflächen haftend
- extrem schnellen Kontakt aufbauen
- und schnell ablösbar
- viele tausend Zyklen verwendbar
- Es soll nicht verkleben!

Two Designs of Animal Attachment Pads

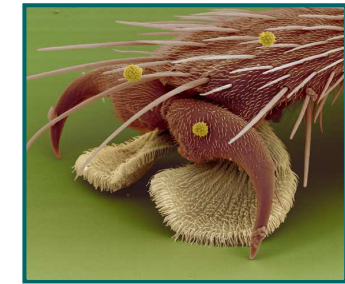


Blattaria Schaben
Orthoptera Schrecken
Plecoptera Stein- und Uferfliegen
Hymenoptera Hauptflügler
Homoptera Pflanzensauger
Heteroptera Wanzen



over 300
species
studied

Diptera
Coleoptera
Megaloptera
Raphidioptera



Fliegen
Käfer
Schlammfliegen
Kamelhalsfliegen



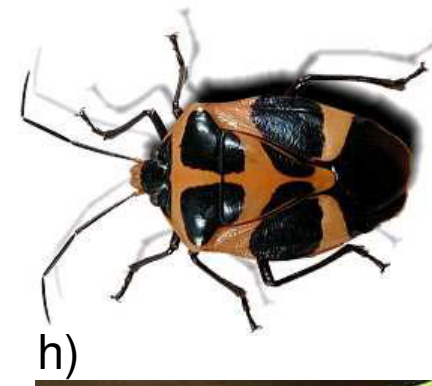
Blattaria
Orthoptera
Plecoptera
Hymenoptera
Homoptera
Heteroptera

Schaben g)
Schrecken d)
Stein- und Uferfliegen a)
Hautflügler
Pflanzensauger b)
Wanzen h)

Diptera
Coleoptera
Megaloptera
Raphidioptera

Fliegen f)
Käfer e)
Schlammfliegen j)
Kamelhalsfliegen c)

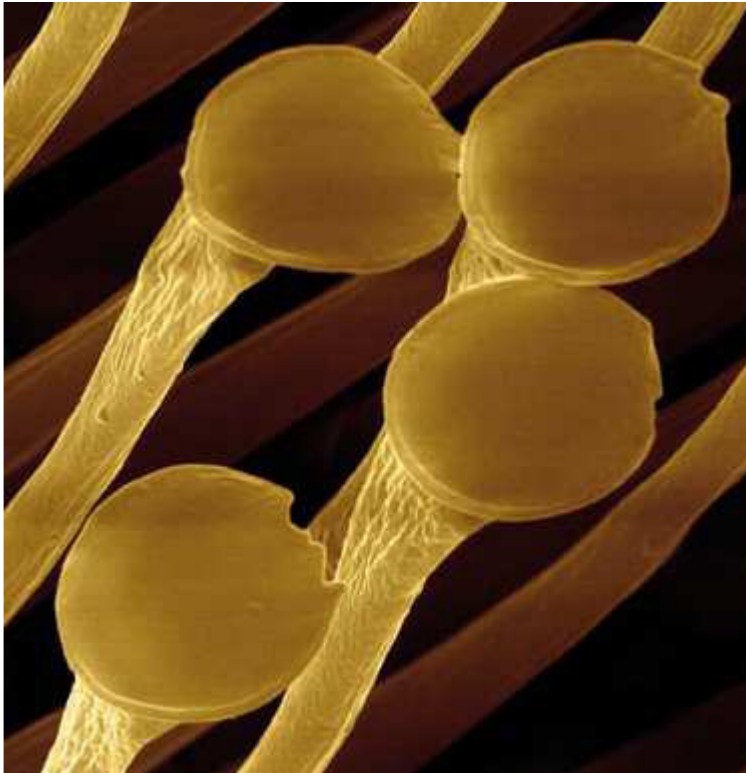




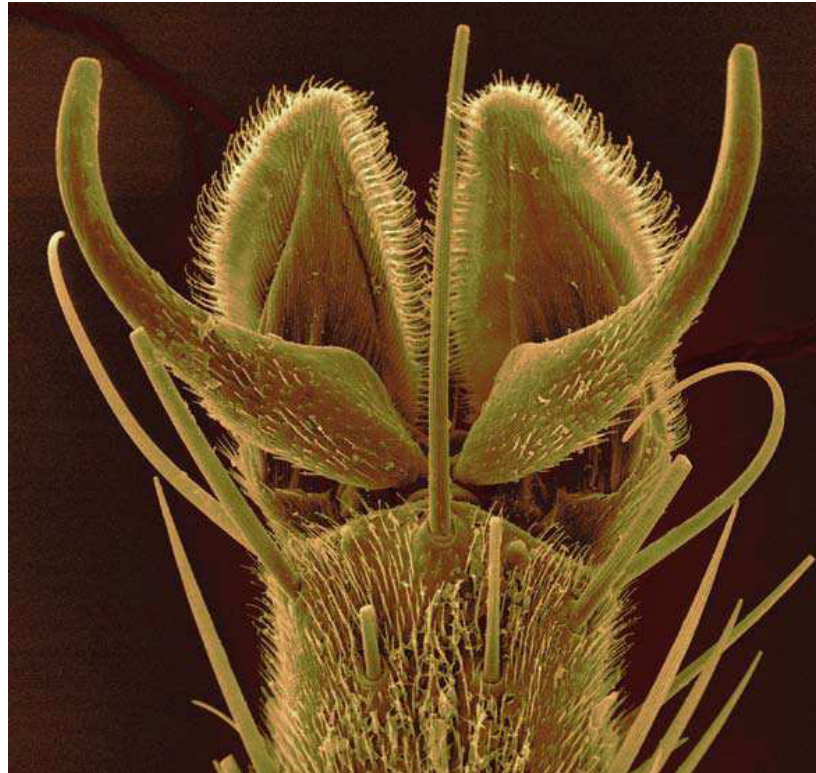
Blattaria
Orthoptera
Plecoptera
Hymenoptera
Homoptera
Heteroptera
Diptera
Coleoptera
Megaloptera
Raphidioptera

Schaben g)
Schrecken d)
Stein- und Uferfliegen a)
Hautflügler
Pflanzensauger b)
Wanzen h)
Fliegen f)
Käfer e)
Schlammfliegen j)
Kamelhalsfliegen c)

Zeigt her Eure Füßchen



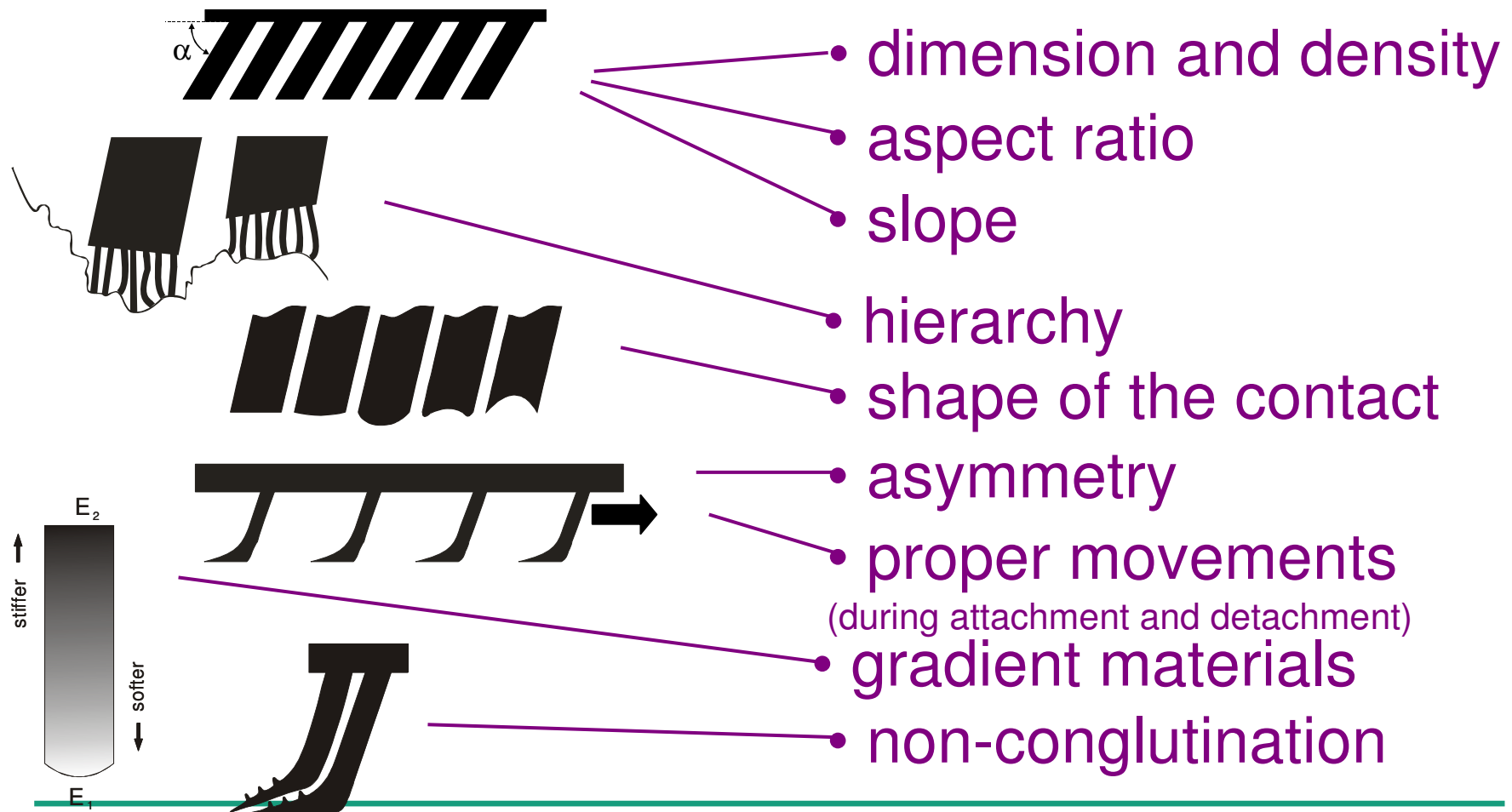
Kartoffelkäfer



Fliege

Challenge: to put all this together

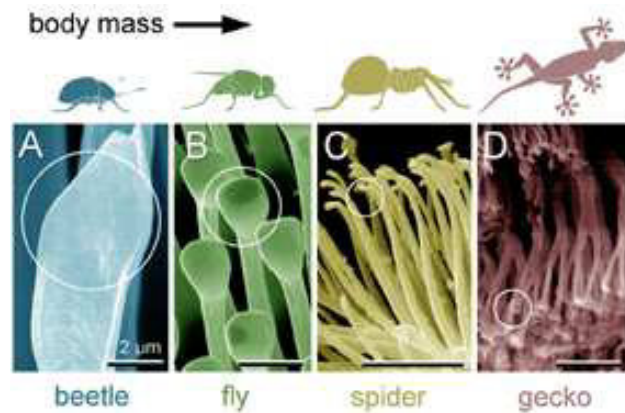
Creton and Gorb, 2007 MRS Bulletin



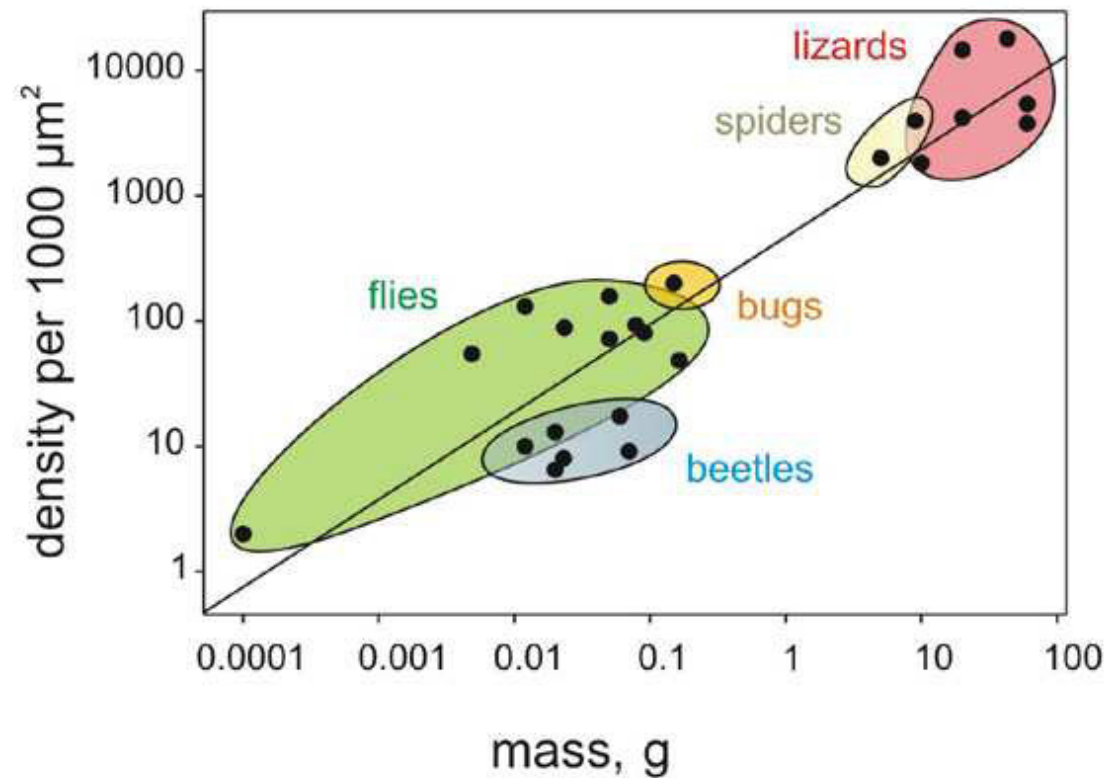
Dimension and Density of Setae

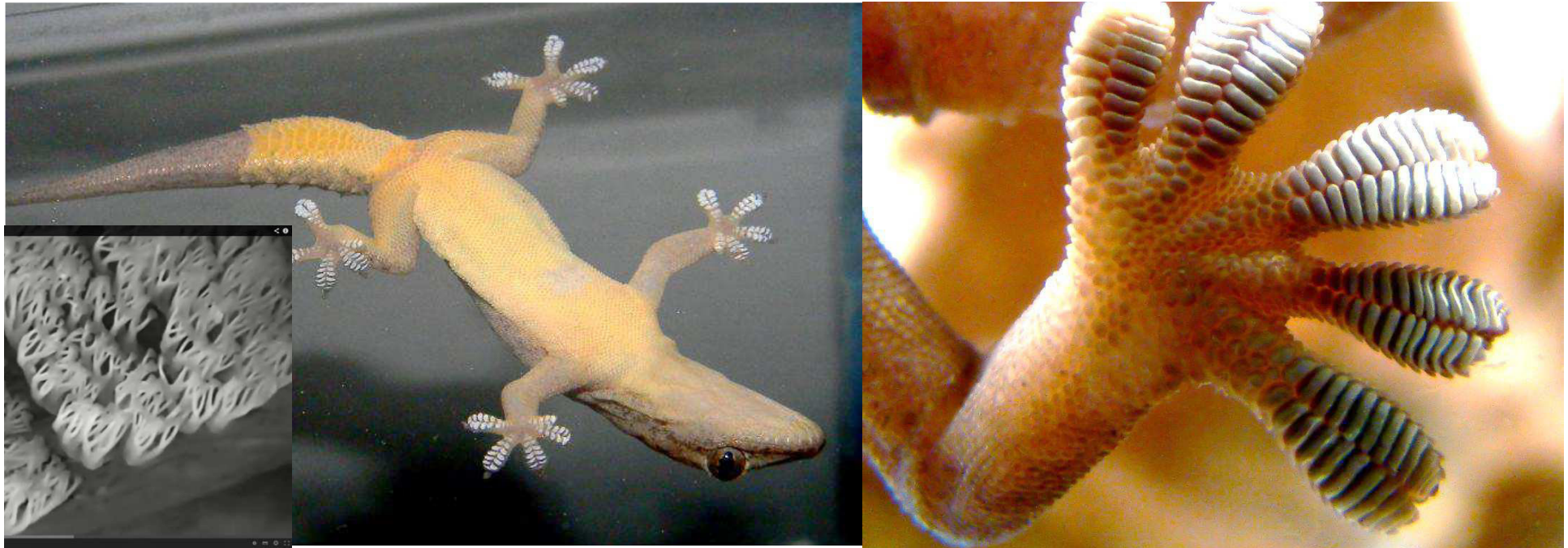
Scherge and Gorb, 2001, Springer Book
Arzt, Gorb, Spolenak, 2003, PNAS

Setal density dependence on the body mass



Dependence of the hair density
(terminal elements) of the
attachment pads on the body mass
in hairy pad systems of
representatives from diverse animal
groups





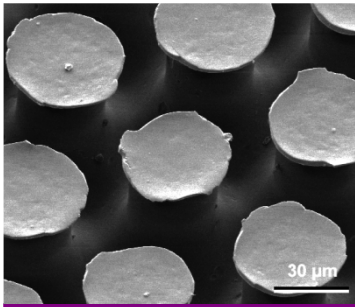
Geckos nutzen reine van der Waals-Kräfte zur Adhäsion.

Technische Nachbildung:

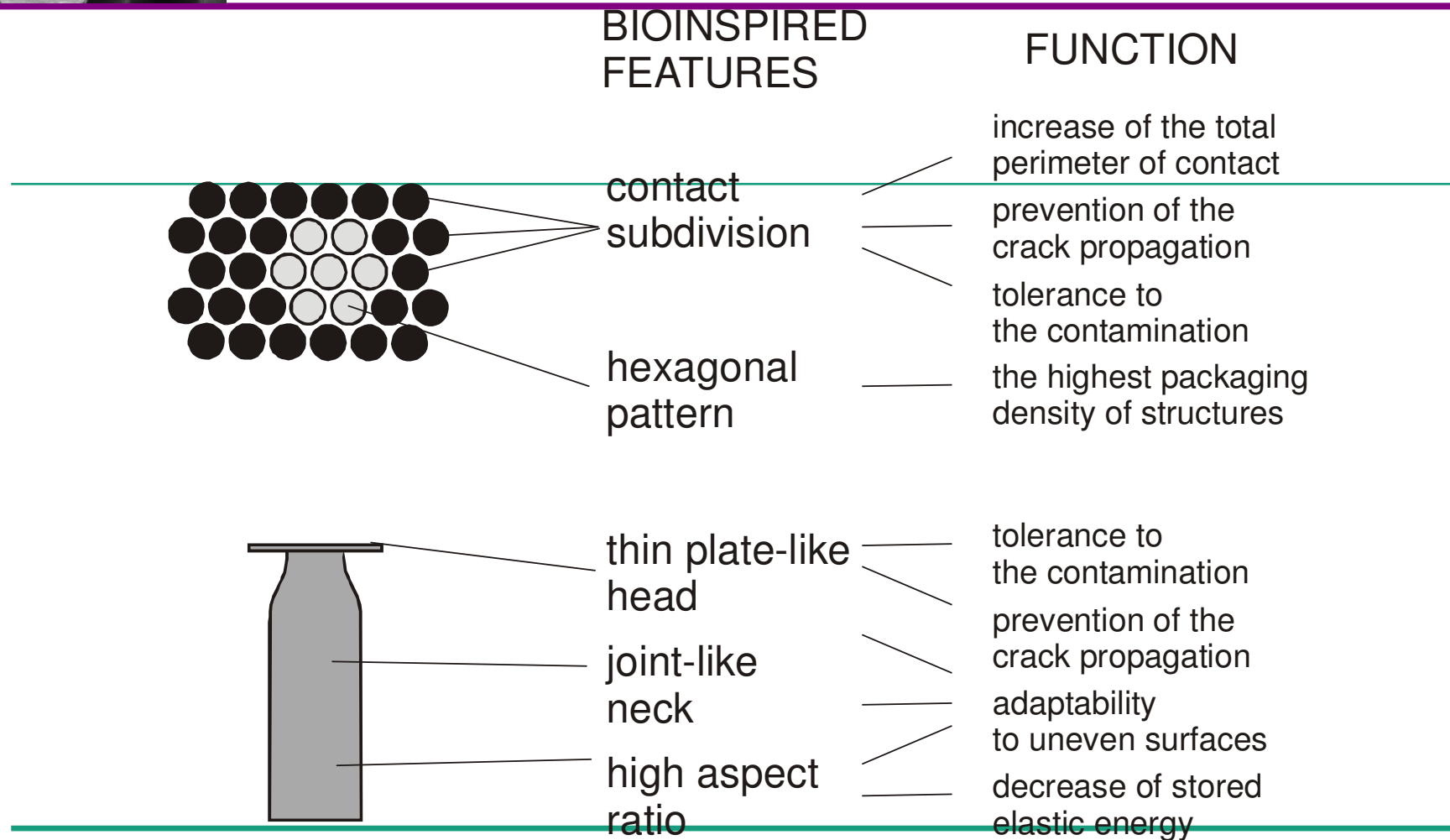
Mit dem NanoForceGripper von Festo lassen sich speziell empfindliche Gegenstände mit glatten Oberflächen, wie zum Beispiel Gläser oder Displays, nahezu energiefrei greifen, d.h. auch bei Stromausfall bleibt der Gegenstand sicher haften. Verantwortlich dafür ist eine Folie an der Unterseite des Greifers.

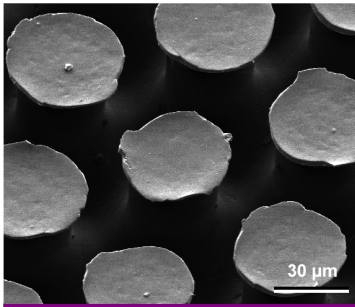


NanoForceGripper (Festo)



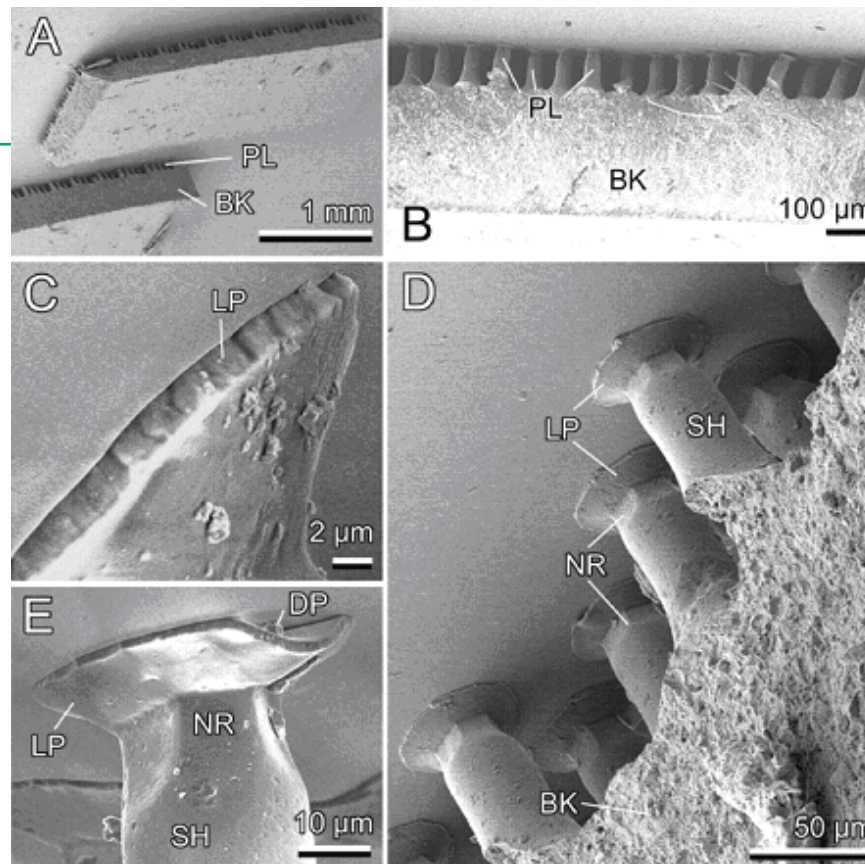
Dry Adhesives





Dry Adhesives in Action

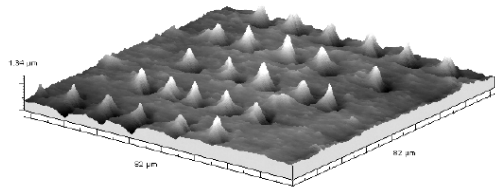
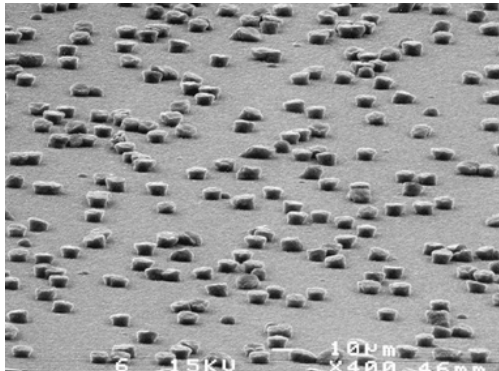
Gorb, Varenberg, Peressadko, Tuma, 2007, J. Roy. Soc. Interface



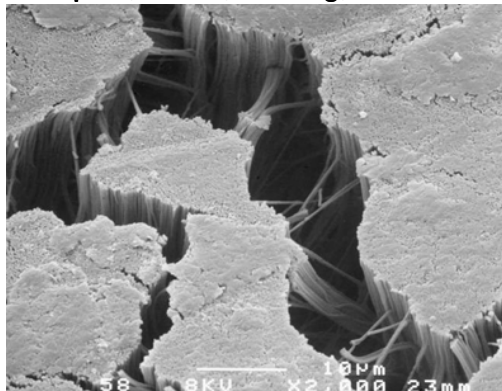
- **BK**, backing
- **DP**, dust particle
- **LP**, lip at the margin of the pillar tip
- **NR**, narrowing of the pillar close to the tip
- **PL**, pillars
- **SH**, shaft

Bioinspired Patterned Surfaces

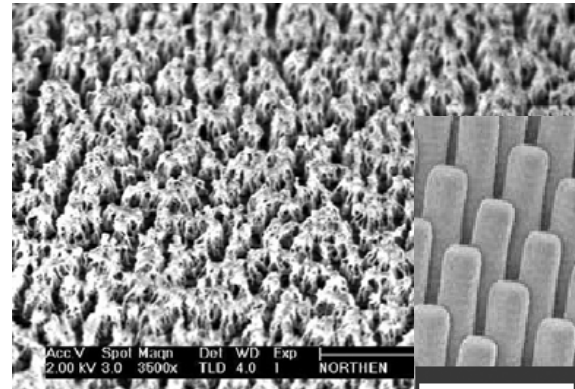
Sitti and Fearing 2002



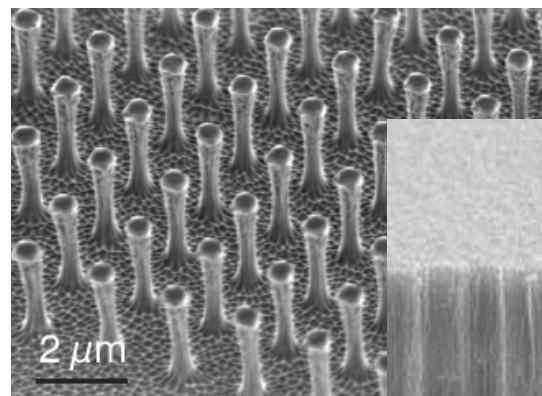
Campolo, Jones, Fearing, 2003



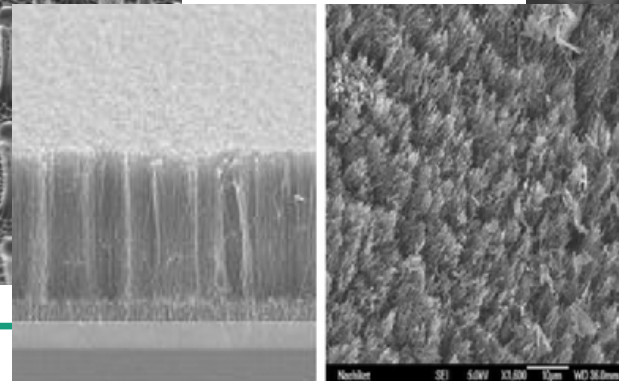
Northern and Turner, 2005



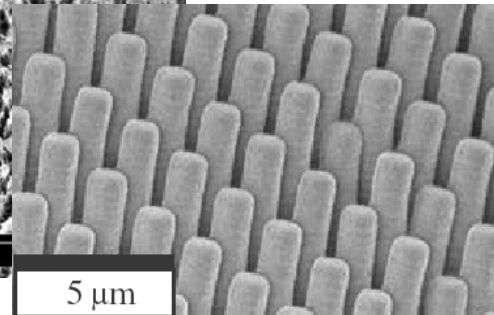
Geim et al., 2003



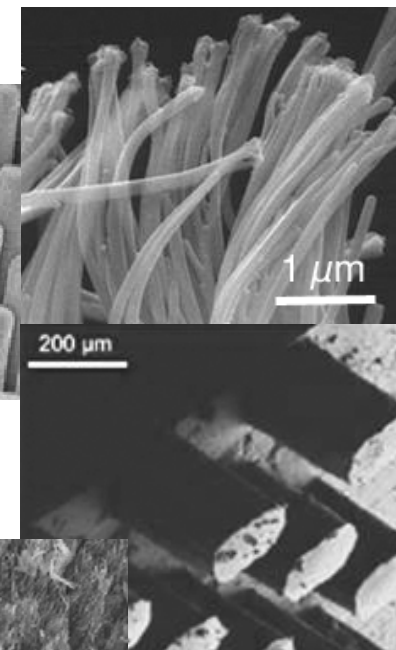
Yurdumakan et al., 2005



Glassmaker et al., 2004



Gorb, Peressadko et al.



Exkurs: Forschungsergebnisse interpretieren

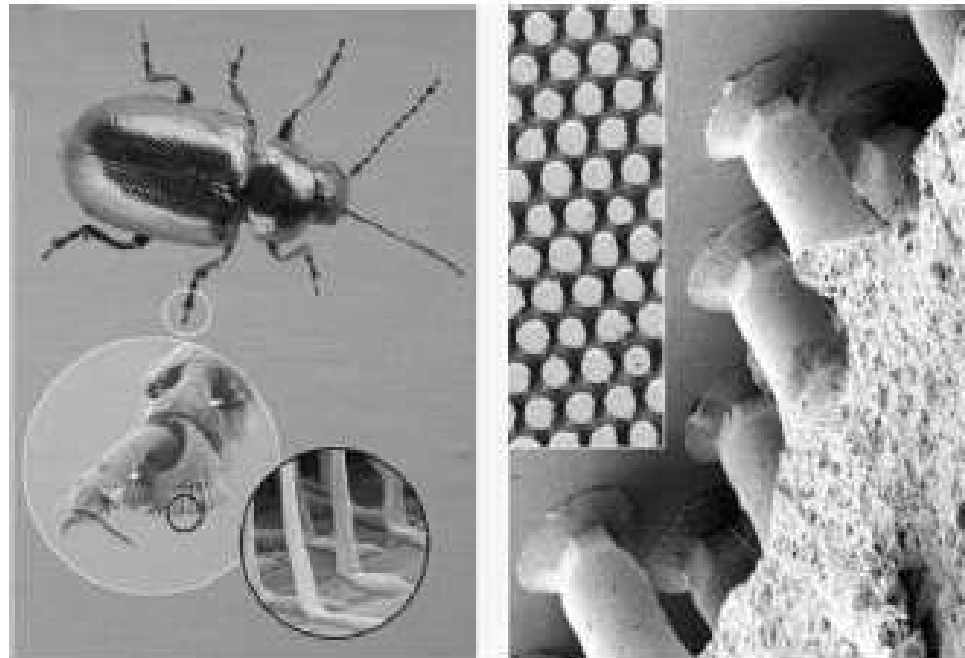


Abb. 1: Bio-inspirierte fibrilläre Haftstruktur (rechts) nach dem Vorbild des Haarigen Haftsystems des Ampferblattkäfers, Gastrophysa viridula (links) (Gorb et al. 2007)

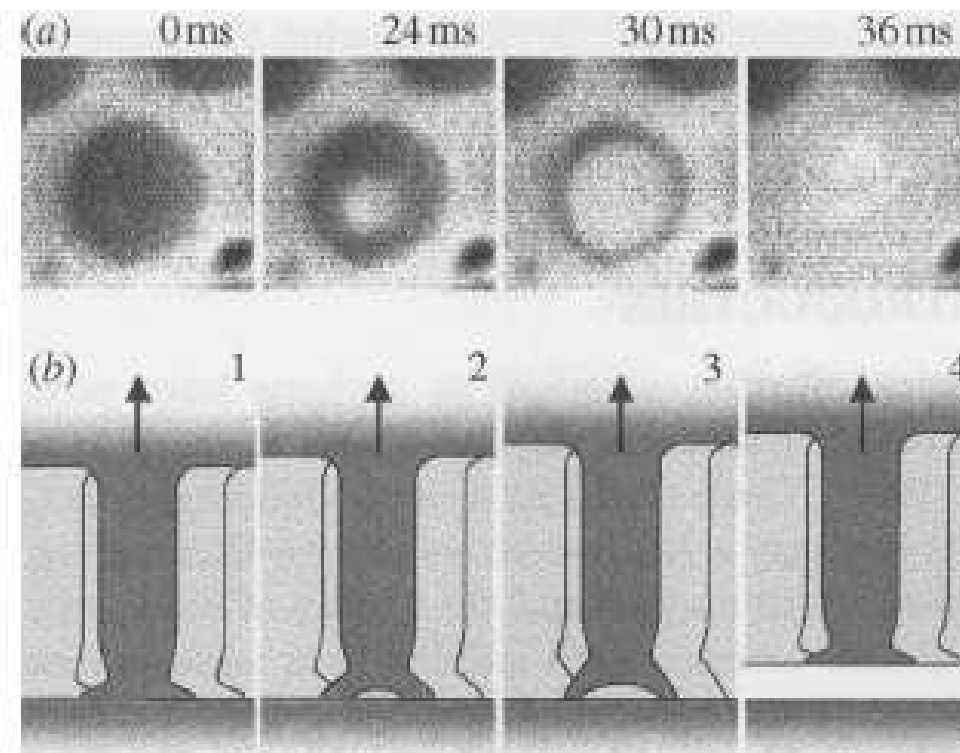


Abb. 2: Nahaufnahme der Kontaktfläche (dunkel: Kontakt) eines einzelnen Fibrills mit einer Hochgeschwindigkeitskamera (a). Deutlich zu erkennen, dass die Ablösung von Innen nach Außen erfolgt, während der Umfang länger in Kontakt bleibt. (b) Schema des Ablösens in der Seitenansicht (Varenberg and Gorb 2008b)

Messergebnis

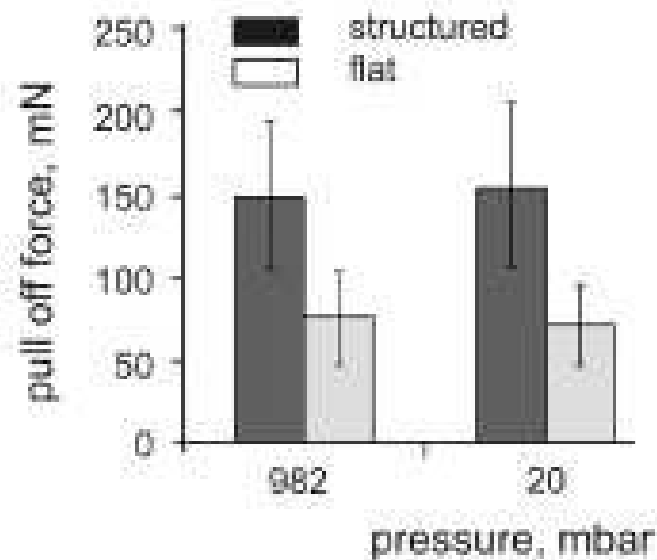
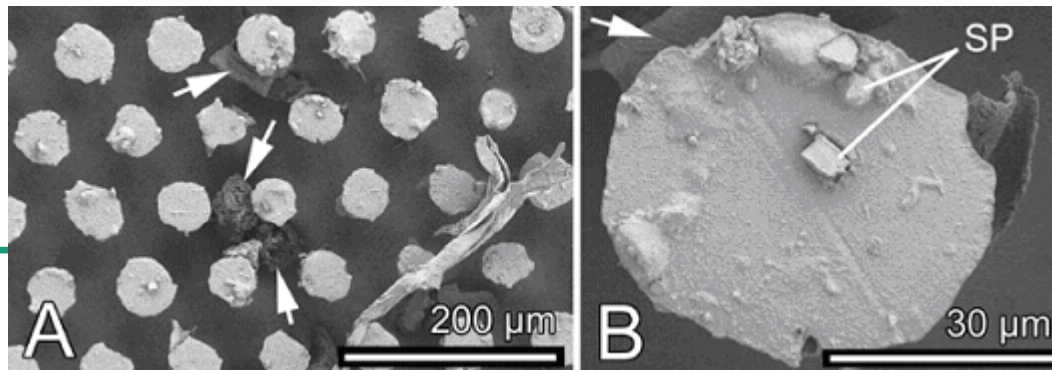
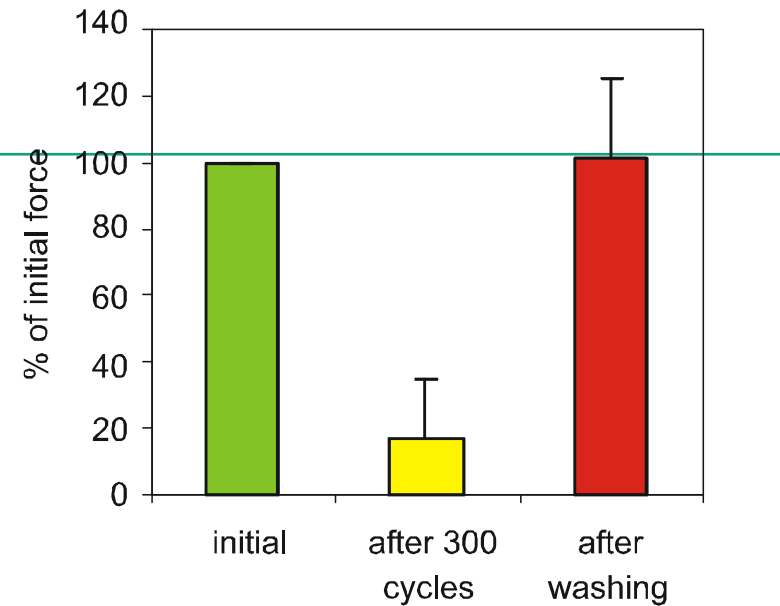
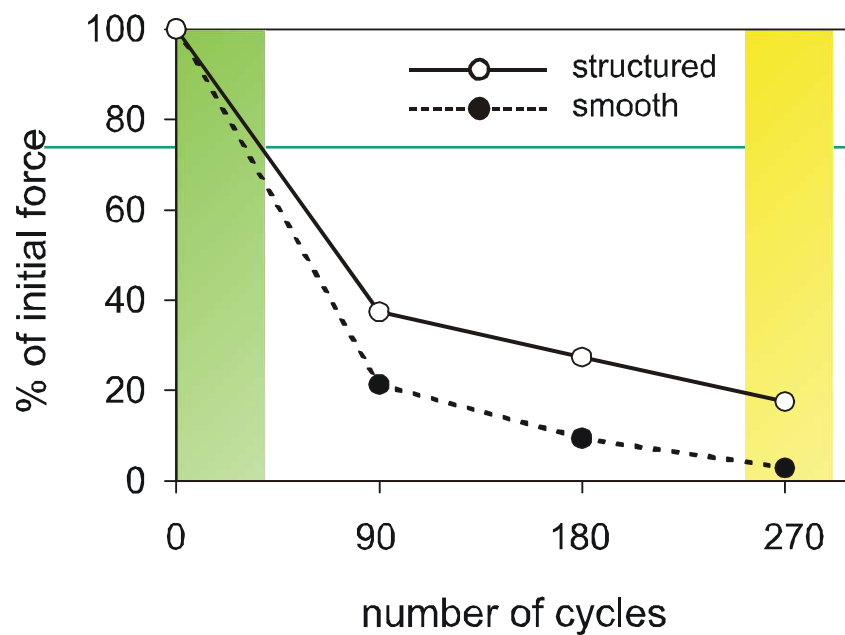


Abb. 3: Mittlere Haftkraft und die Standardabweichung der mikrostrukturierten und flachen Proben auf Glas unter Normaldruckbedingungen und Vakuum

Daraus schließen wir, dass die gesteigerte Haftfähigkeit dieser Mikrostruktur eine Kombination aus Van-der-Waals Kraft und einer der Rissausbreitung hemmenden Geometrie ist. Somit könnten solche mikrostrukturierten Oberflächen in Vakuumapplikationen zum Einsatz kommen, beispielsweise für in-situ-Mikromanipulatoren bzw. Halterungen.

Contamination of Dry Adhesives

Gorb, Varenberg, Peressadko, Tuma, 2007, *J. Roy. Soc. Interface*



Conclusions

- **COMPARATIVE APPROACH:** Since similar functional solutions appeared several times in the insect evolution, comparative approach aids in revealing essential structural and functional properties of locomotory attachment devices
- **MULTIPLE CONTACTS:** According to the contact theory and our experiments with the patterned polymer surface, contact splitting increases adhesion independently of the basic physical forces
- **TERMINAL ELEMENTS:** Most of setal tips have compressed shape called terminal elements or spatulae, which are important for contact formation by shearing. Low bending stiffness of thin plates enables an intimate contact with surface irregularities
- **CONTACT FORMATION:** No pressure on the ceiling surface was detected in freely walking insects, but rather high shear forces. Anisotropy of contact forces is a result of the structural anisotropy at different levels (macro: orientation of pads, micro: slope of the setal shafts and orientation of the terminal elements)

Eintagsfliegen haften unter Wasser in der Strömung

-> Haftung über Härchen an den Kiemen

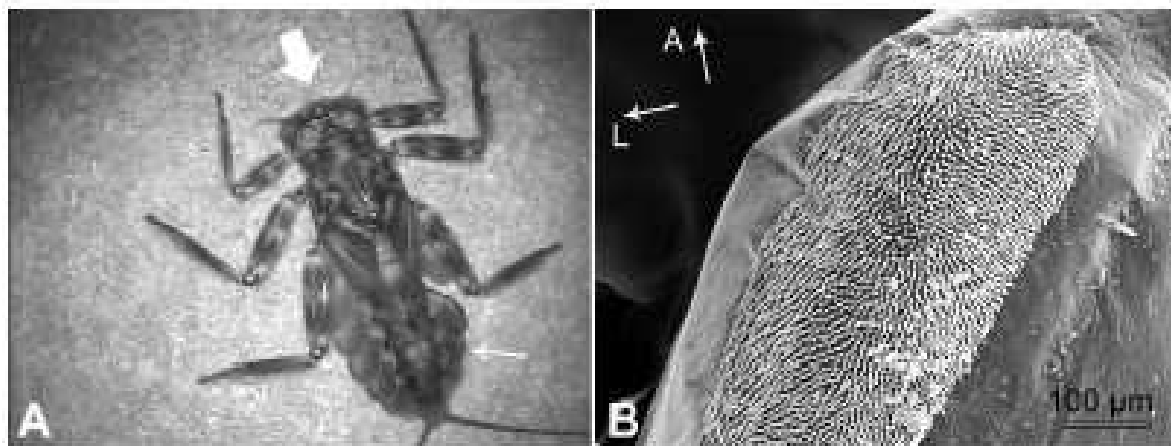


Abb. 1: (A) Die Eintagsfliegenlarve *Epeorus assimilis* auf der Oberseite eines Steines sitzend, der breite weiße Pfeil zeigt die Strömungsrichtung an, der schmale weiße Pfeil deutet auf die Kiemenblättchen, (B) "Haariges" Haftkissen auf der Unterseite des zweiten Kiemenblättchens, A, anterior (vorne), L, lateral (seitlich).



Filme über Geckos Haftorgane

<http://www.youtube.com/watch?v=anbqiBUmKIA&feature=related>
<http://www.youtube.com/watch?v=6uqb920lnA4>

Was Sie aus der Vorlesung 09.12.2013 mitnehmen sollten (1)

Adhäsion durch **Van-der Waals-Kräfte** (rein physikalisch auf molekularer Ebene)
Um engsten Kontakt aufzubauen, gibt es verschiedene Strategien zum Aufbau von „**Anhaftungs-Kissen**“, deren Qualität und Effizienz von Folgendem abhängt:
Verhältnis von Dichte und Dimension und Körpermasse (schwerere Tiere, haben höhere Härchendichte), Neigung, hierarchische Strukturen der Härchen, Form und Kontaktflächen, Asymmetrie und Orientierung wichtig (insbes. beim Ablösen und Aufsetzen der Füße, Gradientenmaterial für den Aufbau der Haare, Selbst-Verklebungs-Hemmung).

Diese Kräfte wirken auch im Vakuum und im Wasser. Nicht nur die Füße, auch andere Körperteile können diese Adhäsions-Strukturen ausbilden: z.B. Kiemenblätter der Eintagsfliege.

Künstliche Nachbildungen, z.B. das Gecko Tape, bestehen i.d.R. aus einer „Milchflaschenform“ mit einer runden Platte drauf. Größtes Problem: das wieder Ablösen vom Untergrund, z.B. Einrollen der Zehen (Gecko), Festo Finray Randablösung.

Fliegen, Schaben und andere Insekten nutzen hingegen einen speziellen Flüssigkeitsfilm, um zu haften.

Was Sie aus der Vorlesung 09.12.2013 mitnehmen sollten (2)

Haften unter Wasser auf allen Materialien ermöglichen Proteine: Beispiel : Byssusfäden der **Miesmuschel (*Mytilus edulis*)**; Aushärten der Proteinfäden unter Wasser ; Nylonähnliche Eigenschaft, Fäden keine Schuppenstruktur wie Haare. Heute Versuch des „Nachbaus der Proteinstrukturen“ und biotechnologische Herstellung als Biokleber in Medizin und Zahnmedizin.

Definition **Kohäsion**: Bindungskräfte zwischen Atomen sowie zwischen Molekülen **innerhalb eines Stoffes**. Die Kräfte sorgen für seinen Zusammenhalt. Sie wirken in Flüssigkeiten oder in Festkörpern und führen an den Oberflächen eines Stoffes zur Oberflächenspannung (Bsp. Bandagen).

Die Bindungskräfte können verursacht werden durch: **chemische Bindungen**, **zwischenmolekulare Kräfte** (z.B. wie Van-der-Waals-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen) oder **mechanische Verschlaufung** fadenförmiger Makromoleküle.

Definition **Adhäsion**: Bindungskräften zwischen zwei unterschiedlichen Phasen. Man unterscheidet folgende Bindungstheorien:

A) Mechanische Adhäsion : Verklammerungen eines Klebstoffes in den mikroskopisch kleinen Poren und Vertiefungen eines festen Körpers.

B) Spezifische Adhäsion: Der **Polarisationstheorie** zufolge ziehen sich Dipolmoleküle an (z.B. H_2O). Der **elektrostatische Theorie** zufolge ziehen sich elektrisch geladene Molekül- oder Atomschichten an. Der **Diffusionstheorie** zufolge diffundieren verursacht durch die Brownschen Molekularbewegung Teilchen der beiden beteiligten Stoffe ineinander (v.a. bei Kunststoffen)

Was Sie aus der Vorlesung 09.12.2013 mitnehmen sollten (3)

Chrystal engineering: analog der Wasserorganismen möchte man kristalline Strukturen wie z.B. künstliche Zähne und Knochen, Glasfaserkabel, Keramiken gezielt wachsen lassen.,
Ziel: Die technische Übertragung von biologischen Prinzipien auf die Generierung von neuen komplex-strukturierten und multifunktionellen keramischen Materialien:

Beispiele aus der Natur: Seeigel, Muscheln bestehen aus kristallinem Calciumcarbonat (CaCO_3), Glasschwämme aus Bioglas, die Innenskelette der Strahlentierchen (Radiolarien) aus amorphem Siliziumdioxid, SiO_2 ,

Vorteil: Die biologische Anordnung geschieht energieeffizient bei Badewassertemperatur“

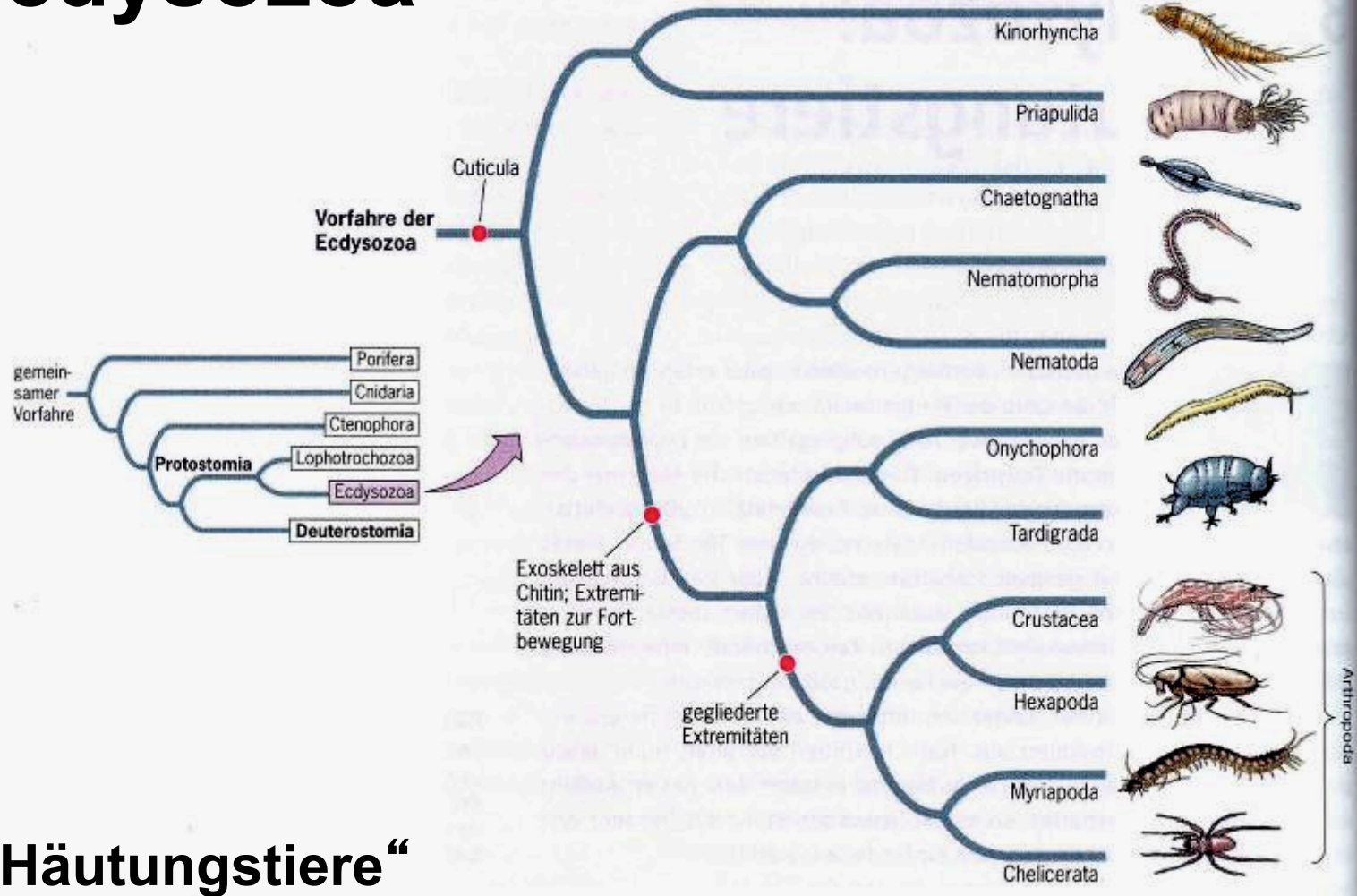
Wichtige Essenz dabei : Proteine – z.T. als Enzyme („biologische Katalysatoren“) und als Strukturelemente; bei letzteren entstehen **„Verbundwerkstoffe“**

z.B. 1. aus Silikatglas + Protein -> elastischer als reines Glas; 2. aus 95% CaCO_3 + Protein -> gestapelte Aragonit-Plättchen, die Perlmutter extrem hohe Druckstabilität verleihen.

Vier Stufen der Biomineralisation

1. die supramolekulare Organisation von Biomolekülen (Aufbau einer reaktiven Umgebung, organische Templates, „Schablonen“, „Self-Assembled Monolayers“ SAMs,
2. die molekulare Grenzflächenerkennung (kontrollierte Bildung anorganischer Keime),
3. die vektorielle Regulierung (Wachstum und Terminierung der Keime)
4. zellulärer Aufbau (Bildung hierarchischer Strukturen)

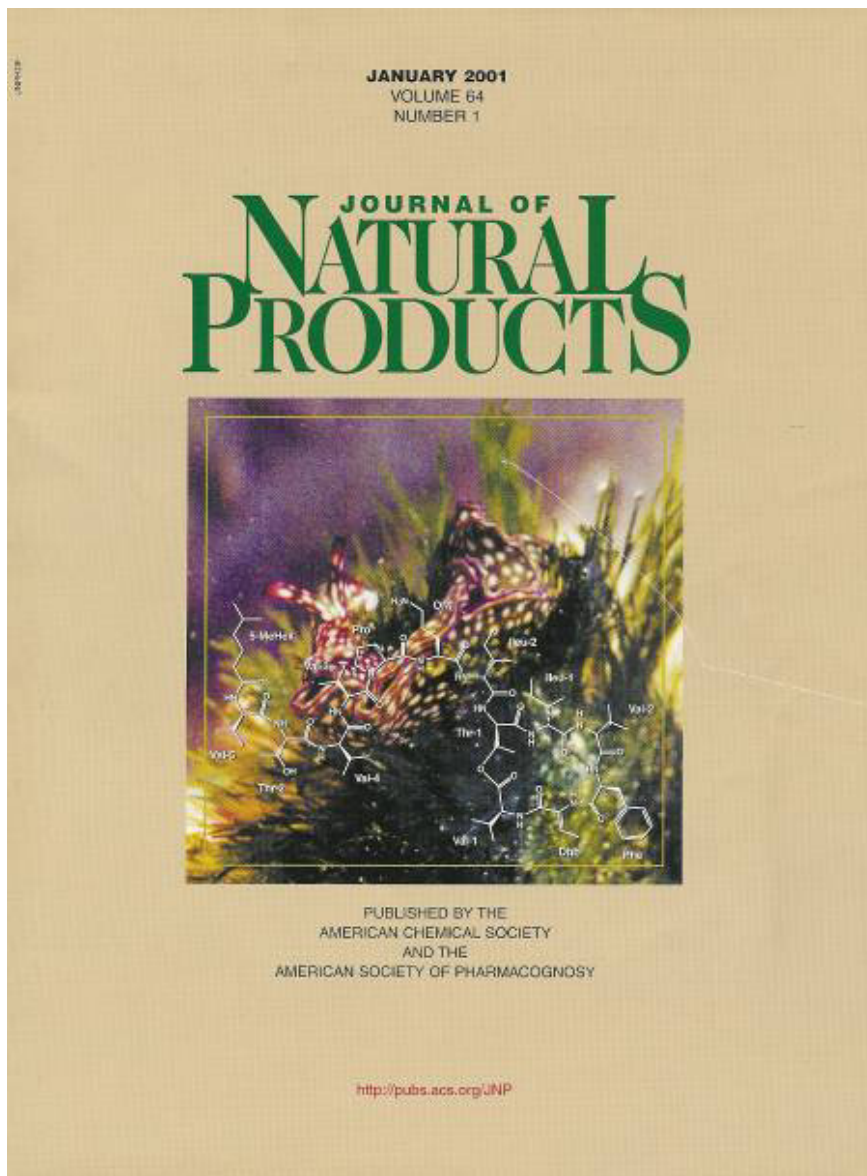
„Häutungstiere“

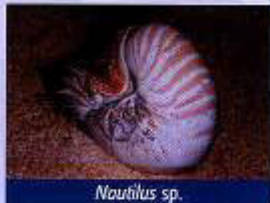


Muscheln

MOLLUSCA

Schnecken





Nautilus sp.

Cephalopoda (1000)

Kopffüßer Höchstentwickelte Evertabraten. Primär mit gekammerter, gasgefüllter Schale als hydrostatischem Organ. Muskulöse Arme an der Mundöffnung und Trichter vor der Mantelhöhle. Kiefer. Marin; benthisch, pelagisch – 30000 fossile Arten.

Gastropoda (100000)

Schnecken Asymmetrische Weichtiere. Schale spiralisiert. Fuß breitsohlig. Gekreuzte Nervenstränge (Streptoneurie). Marin, limnisch, terrestrisch.



Helix pomatia

Scaphopoda (600)

Kahnfüßer Sedimentbewohner mit röhrenförmig geschlossener Schale und Fangtentakeln. Marin.



Dentalium sp.



Chlamys varia

Bivalvia (15000)

Muscheln Kopflose Weichtiere mit linker und rechter Schale. Ohne Radula und Kiefer. Kiemen auch zur Nahrungsfiltration. Marin, limnisch.



Lepidochitona cinerea

Tryblidia (Monoplacophora) (25)

Napfschaler. Mit mehreren Paaren von Atrien, Nieren, Kiemen und Gonaden. Marin, Tiefsee.



Rhipidogobius gossii

Polyplacophora (900)

Käferschnecken Mit plattenförmigen Kalkschalen (8) und -stacheln. Marin.

Caudofoveata (70)

Schildfüßer. Kleine wurmförmige marine Mollusken. Chitinaöse Cuticula mit Kalkspikeln. Fuß fehlt. Fußschild ist Sinnesplatte.



Falcidens sp.

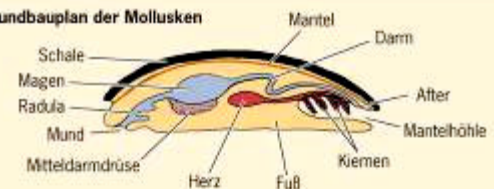
Solenogastres (250)

Furchenfüßer Kleine wurmförmige marine Mollusken. Chitinaöse Cuticula mit Kalkstacheln und -schuppen. Schmale bewimperte Gleitsohle.

Weichtiere Dorsale Chitin-Protein-Cuticula mit Kalkstacheln bzw. Kalkschalen. Gliederung in Cephalopodium (Kopf-Fuß) und Visceropallium (Eingeweidesack und Mantel mit Mantelhöhle). Radula. Cnolomatische Gonadenhöhlen und Perikard. Herz mit meist offenem Blutgefäßsystem. Primär gefiederte Kiemen (Ctenidien). Tetraneurisches Nervensystem. Biphasischer Lebenszyklus mit Hüllglocken- oder Trochophora-Larve.

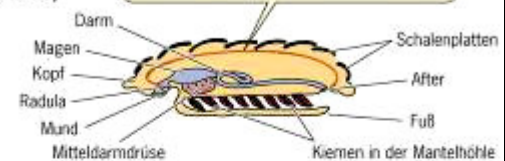
Mollusca

Grundbauplan der Mollusken

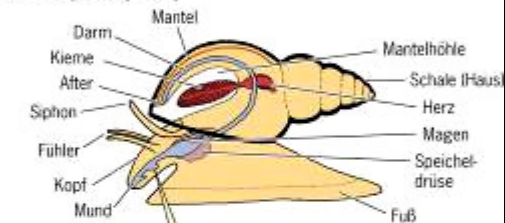


Käferschnecken (Chitonen)

Bei allen Mollusken umhüllt den Eingeweidesack ein Mantel, der eine Mantelhöhle bildet.



Schnecken (Gastropoden)



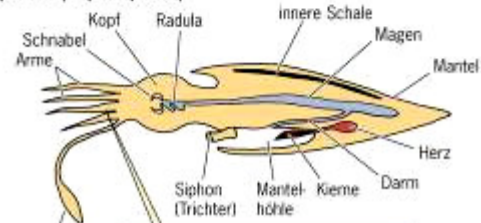
Die Radula ist eine für Mollusken spezifische Struktur zum Abraspeln von Nahrung.

Muscheln (Bivalvier)



Bei den Muscheln ist der Fuß zu einem Graborgan umgebildet.

Kopffüßer (Cephalopoden)

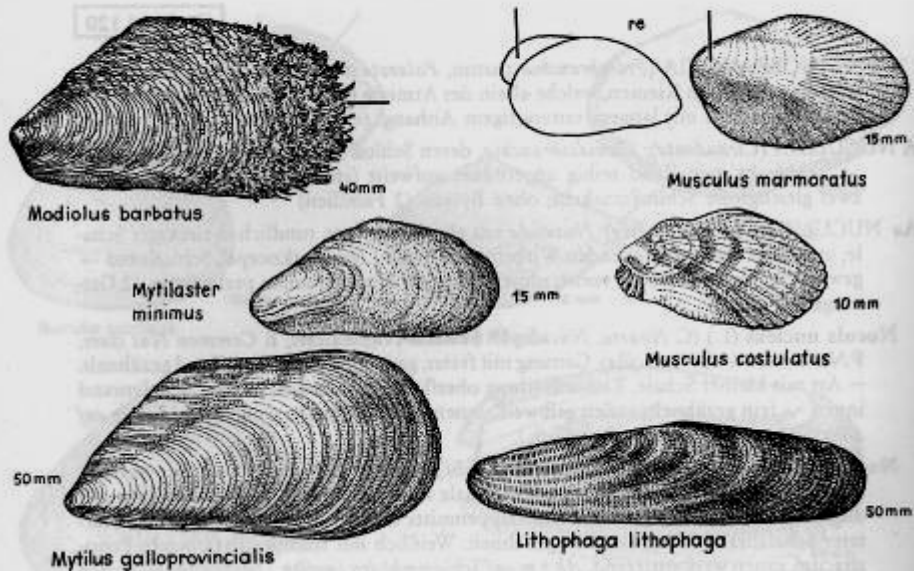


Bei den Cephalopoden ist der Fuß zu Armen und Tentakeln umgebildet.

Muscheln (Bivalvia)

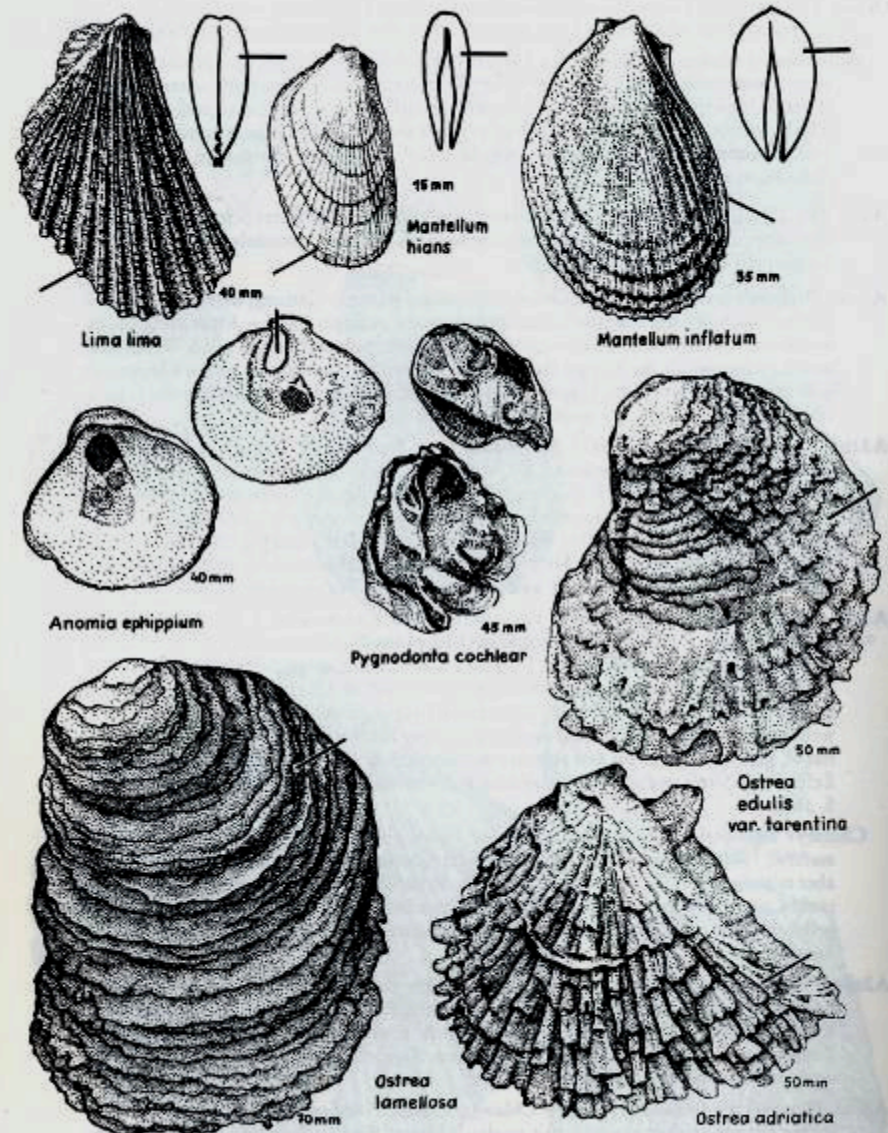
Tafel 121

Mytilina (Muscheln II)



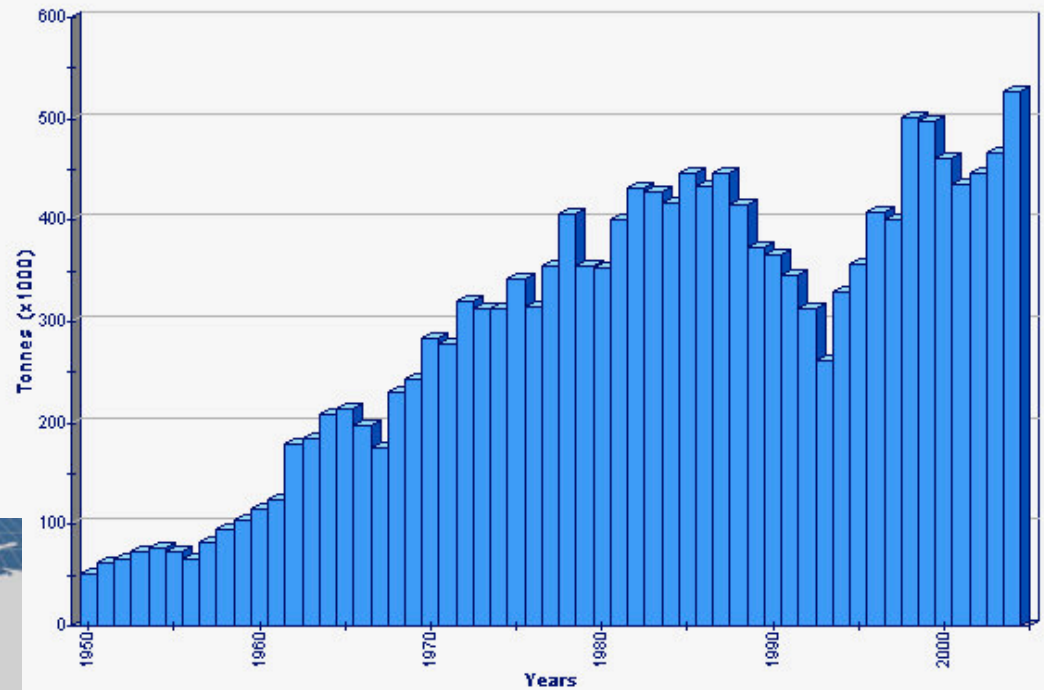
Tafel 125

Limoidea (Feilenmuscheln)



Muscheln (Bivalvia)

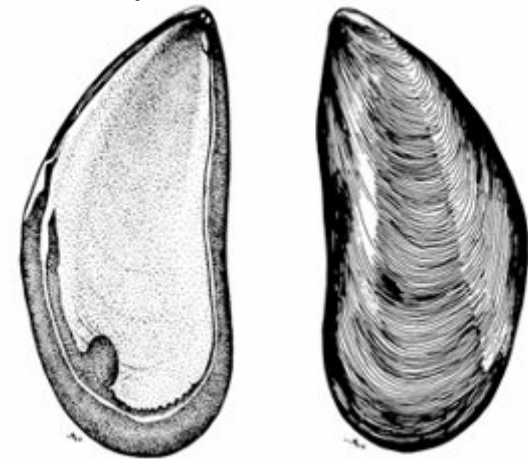




Global aquaculture production of *Mytilus edulis*
(Fao Fishery Statistic)

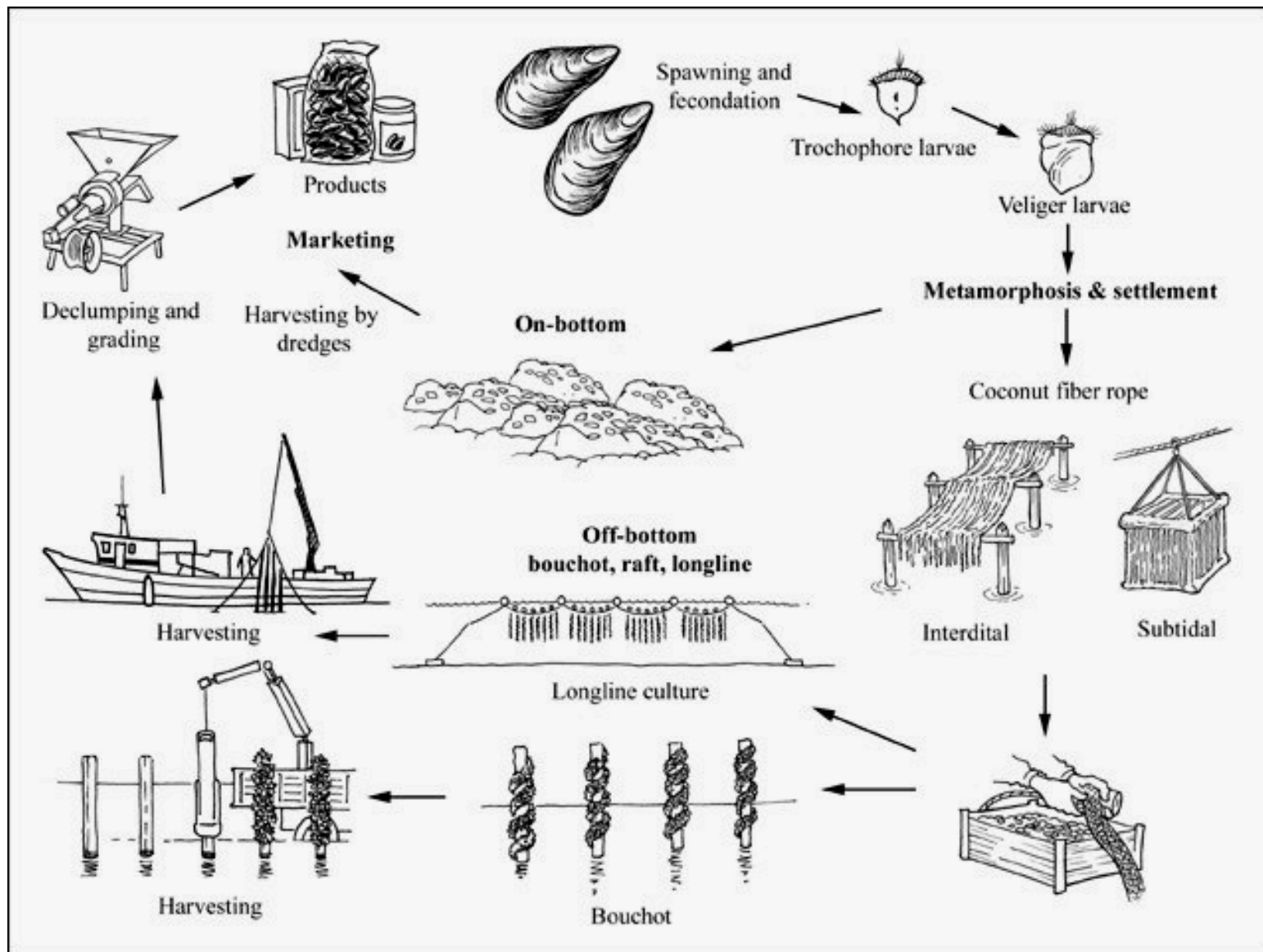


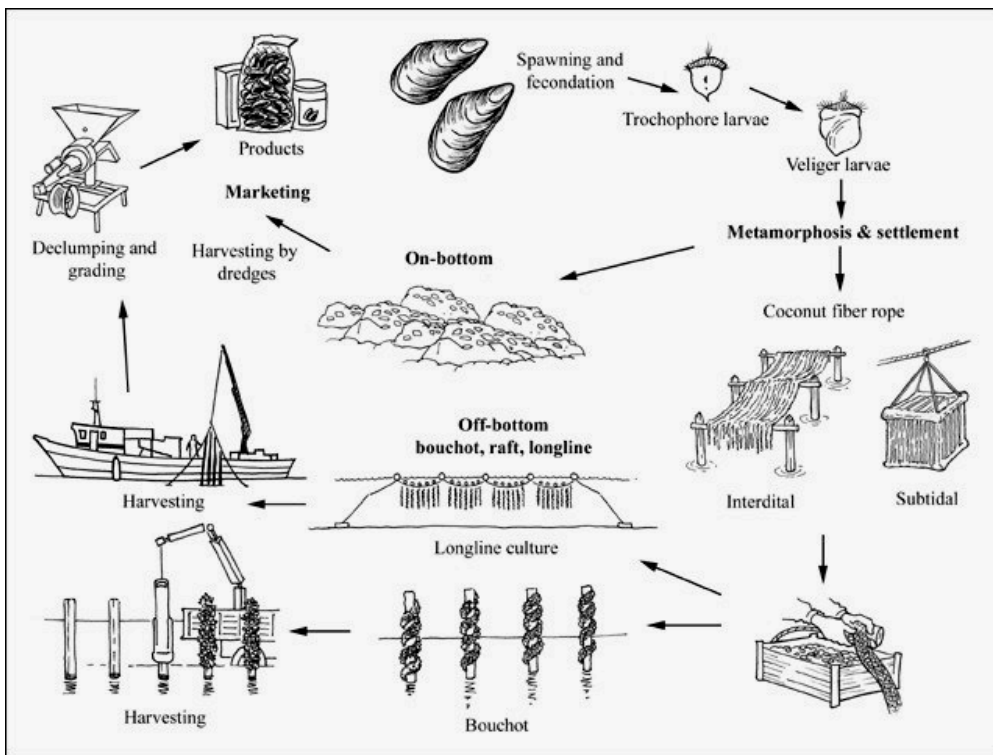
Main producer countries of *Mytilus edulis*
(FAO Fishery Statistics, 2002)

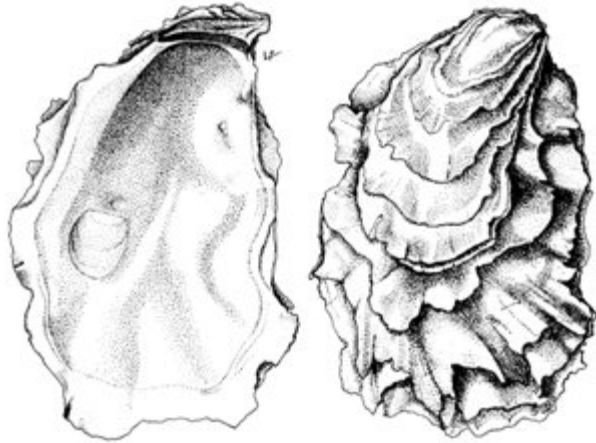


Mytilus edulis Linnaeus, 1758 (Mytilidae)

FAO Names: En - Blue mussel, Fr - Moule commune, Es - Mejillón común

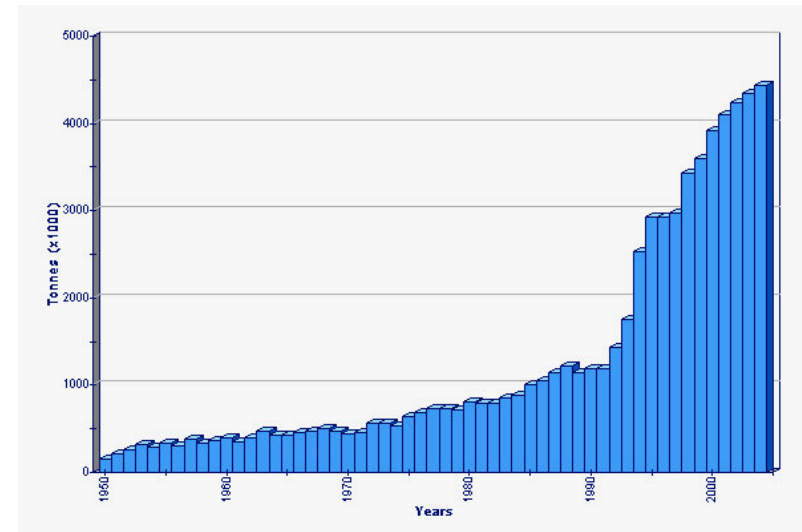
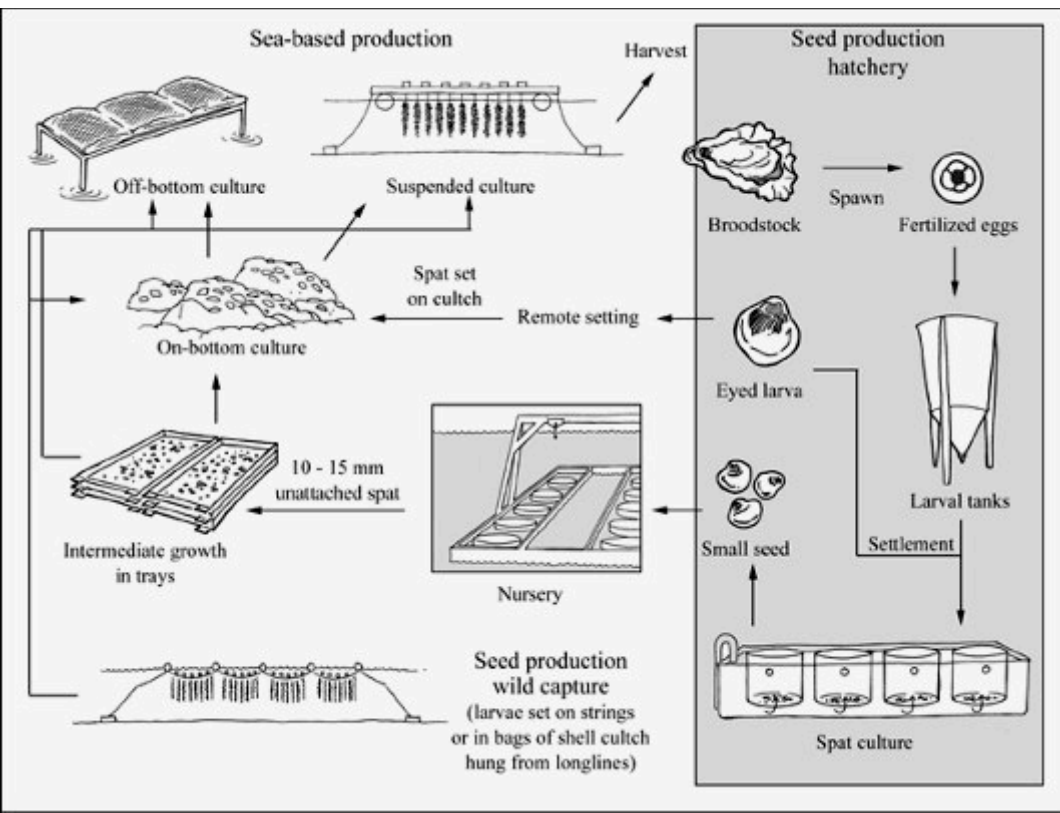




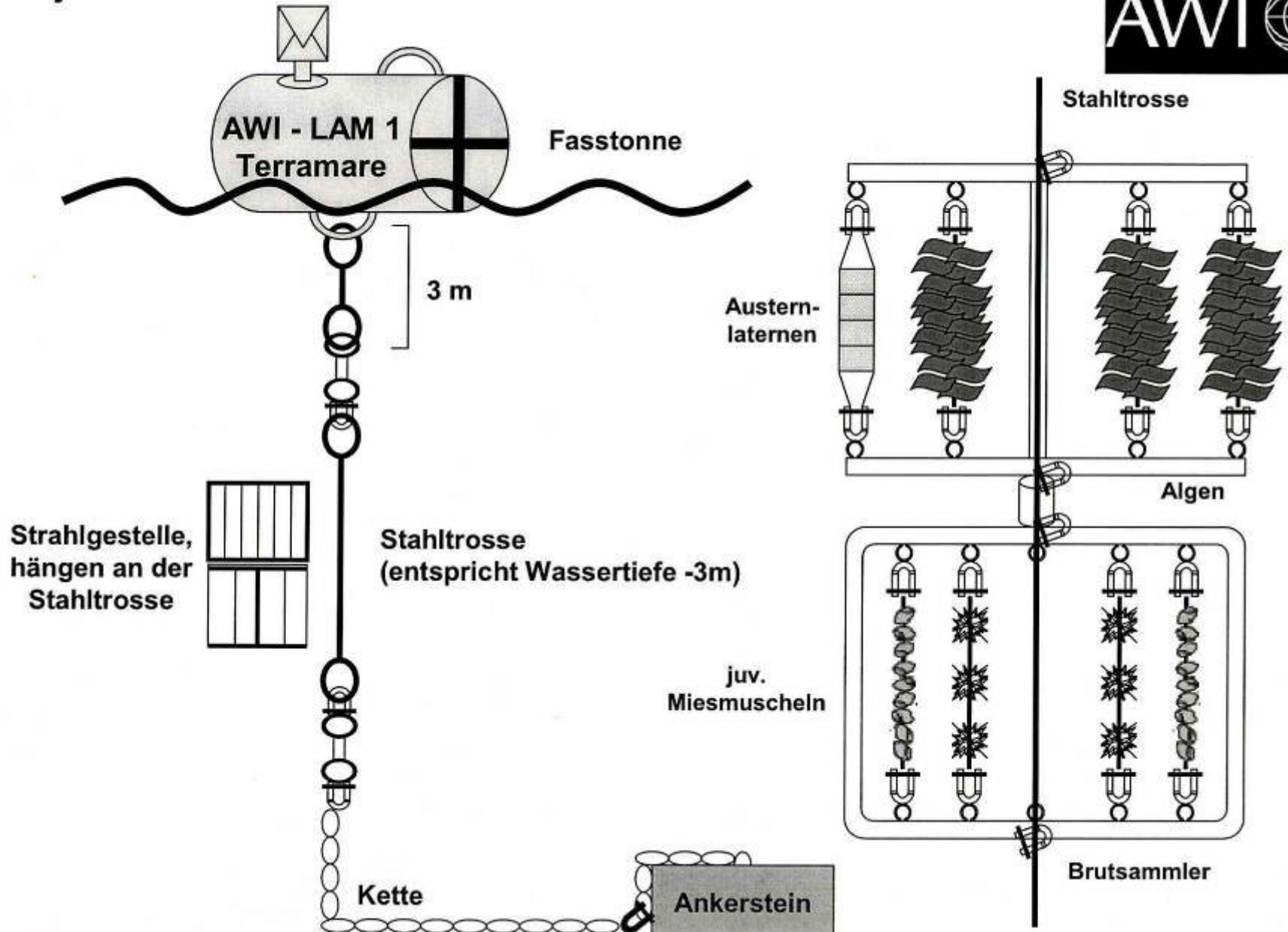


***Crassostrea gigas* Thunberg, 1793 [Ostreidae]**

FAO Names: En - Pacific cupped oyster, Fr - Huître creuse du Pacifique, Es - Ostión japonés

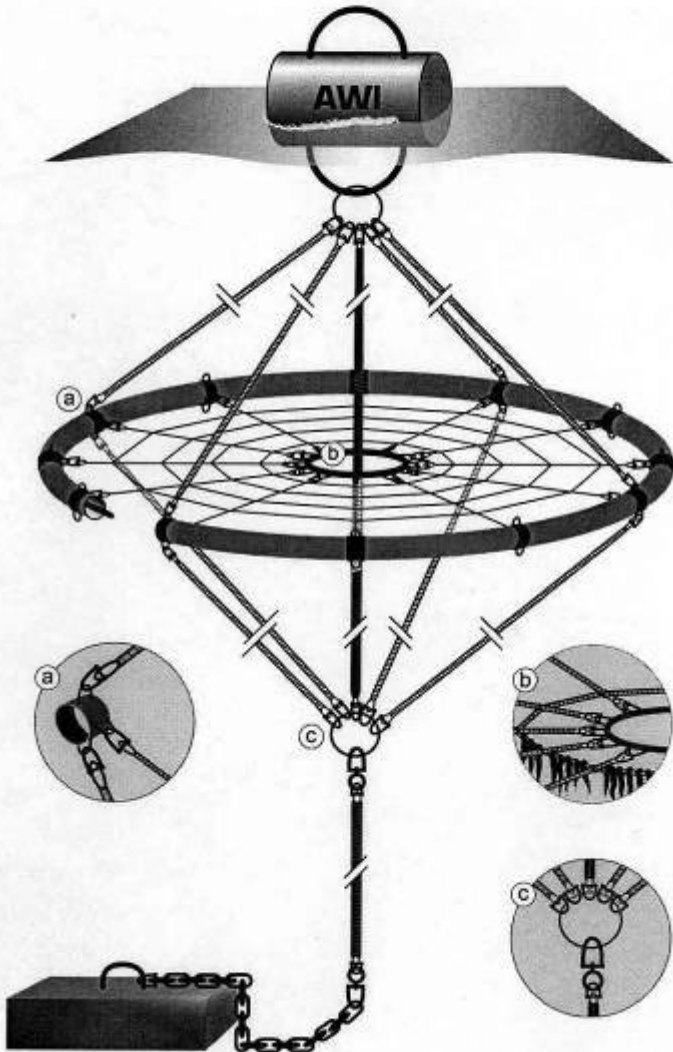


Projekt AQ Nordsee



Offshore-Ring

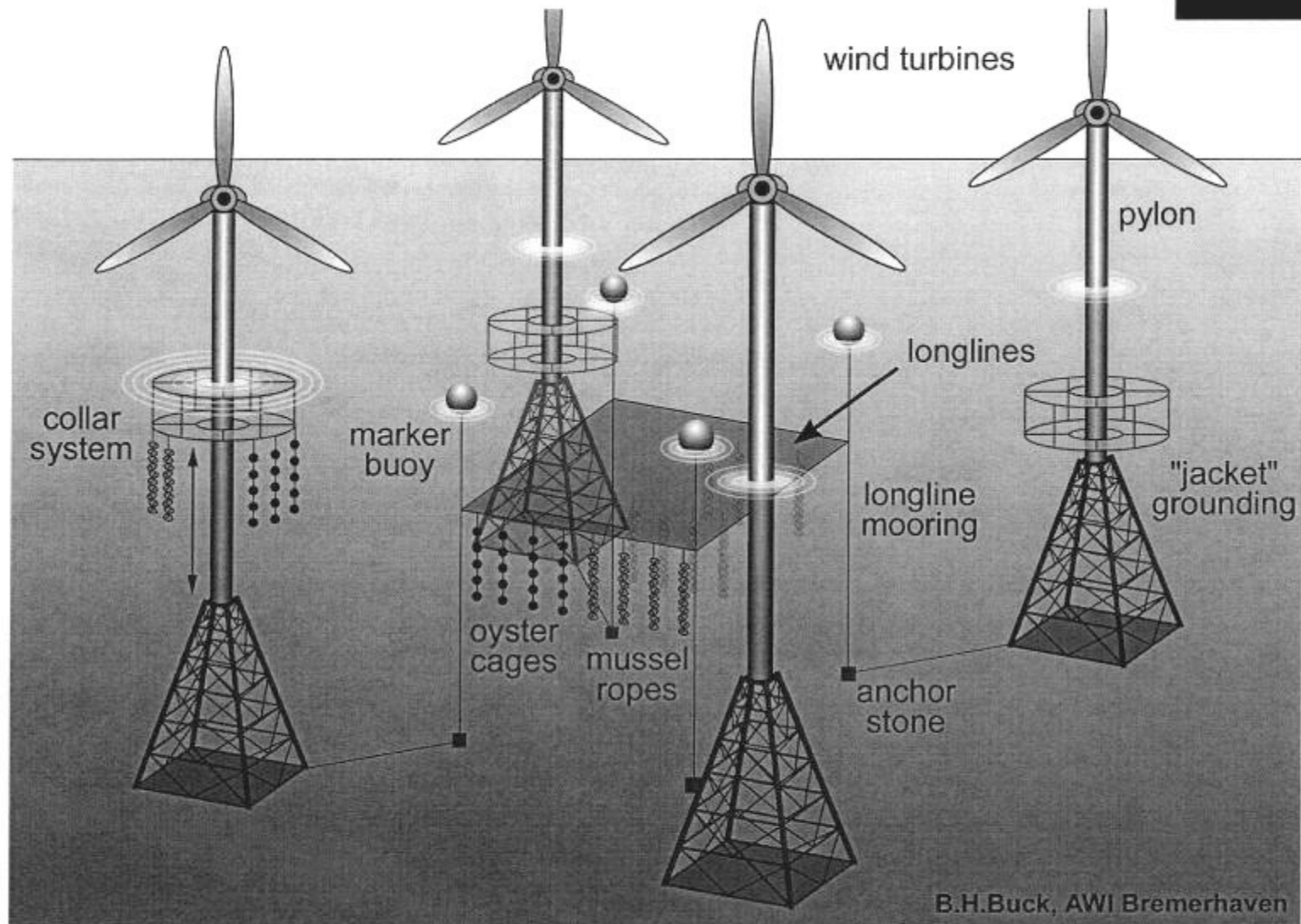
- läßt sich leicht handhaben: Wartung, Ernte
- Widersteht starken Strömungen/hohen W.
- ist in seiner Eintauchtiefe variabel
- Kraftübertragung auf zentrale Stahltrosse



Source: B.H. Buck (AWI)

Buck & Buchholz (2004), *J. Appl. Phycol.*

Perspektiven



Buck et al. (2003), *Law International*; Buck et al. (2004), *Ocean & Coastal Mgmt.*



Megathura crenulata

Schnecken

- keyhole limpet hemocyanin
- Immunstimulierend
- Gegen Blasenkarzinome
- stabile Form, das Immunocyanin
- Immunocyanin unter dem Warenzeichen IMMUCOTHEL®
- Rekombinante Herstellung
- Zellkulturen





ES-285: Incorporation of a new cellular target for anticancer therapeutic intervention



●**Origin:** *Mactromeris polynyma*, Mollusc (Hokkigai)

●**Status:**

- Regulatory approval to begin Phase I at the end of 2001
- Expected launch date 2008

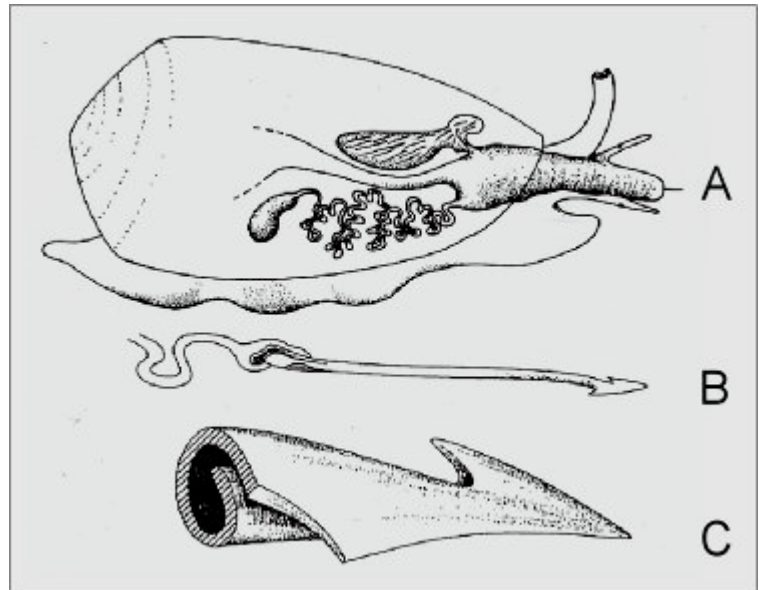
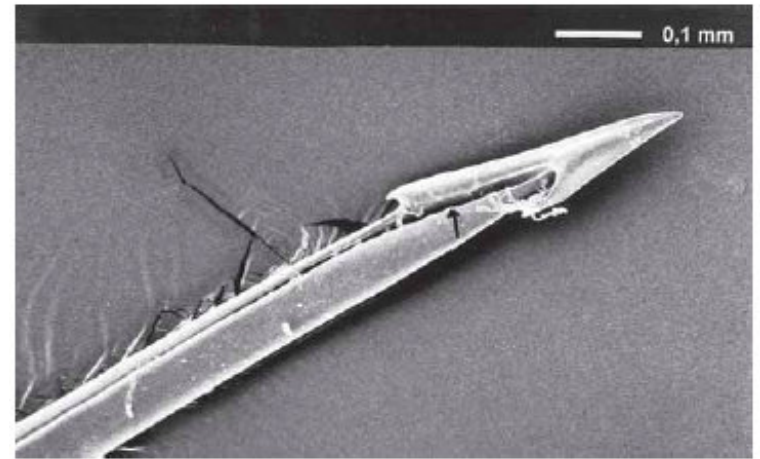
●**Product profile:**

- Potential indications: hepatoma, renal and prostate cancer
- Mechanism of action: Cytoskeleton Integrity, involved in cell proliferation*

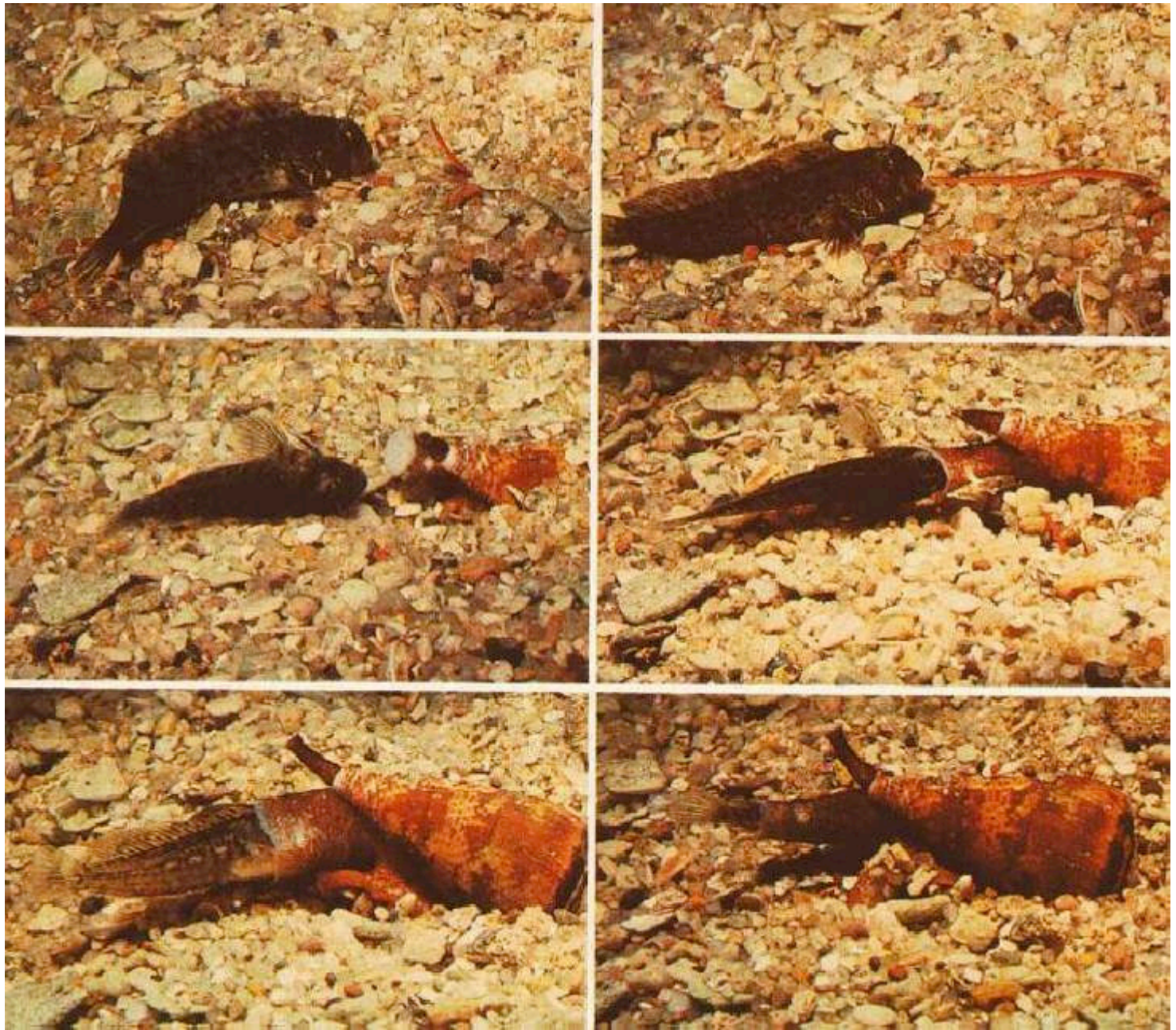
* *Research ongoing*



Gehäuse der Kegelschnecke *Conus pennaceus* B.
Schön zu sehen ist der Polymorphismus:
Obwohl alle Tiere aus der gleichen Population
stammen, sieht jedes Gehäuse anders aus.¹⁰

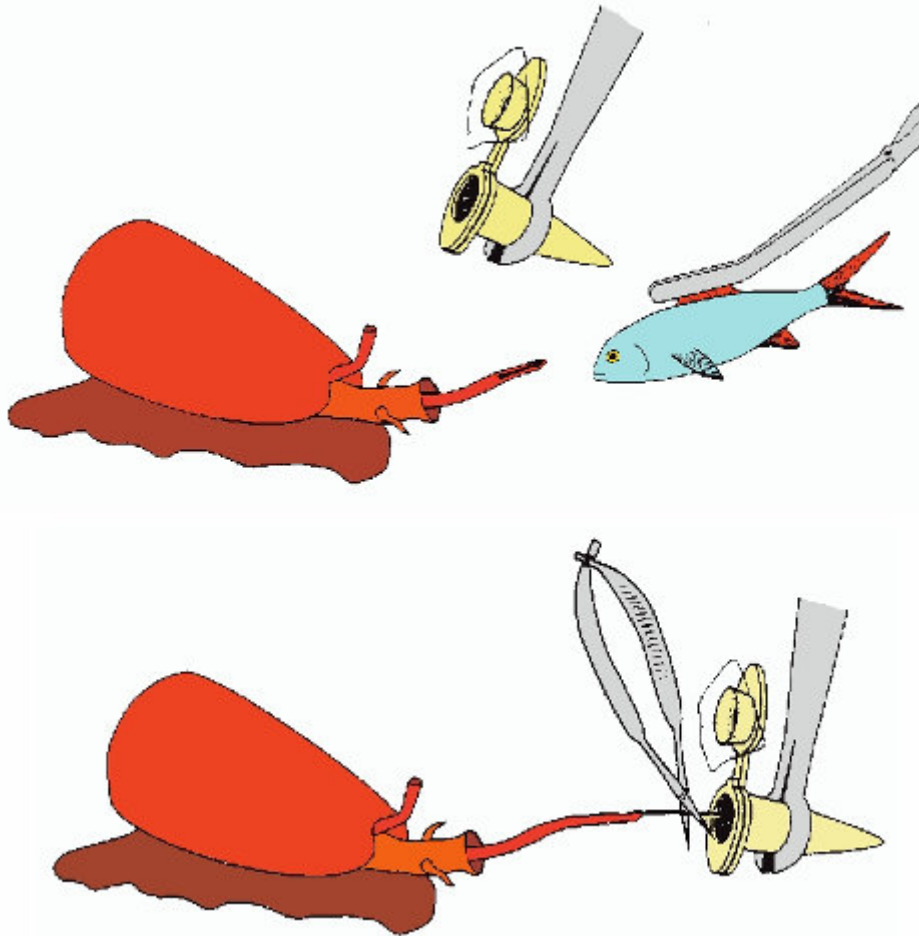


Langsame Schnecke jagt schnellen Fisch



aus: Olivera, B.M. (1985) Science 230:1338-1334

Die Gewinnung des Schneckengiftes



Die 5 Klassen der Conotoxine

α - Conotoxin

ECCNPACGRHYSC

μ - Conotoxin

RDCCTOOKKCKDRQCKOQRCCA

ω - Conotoxin

CKSOGSSCSOTSYNCCRSCNOYTKRCY

δ - Conotoxin

EACYAOGTFCGIKOGGLCCSEFCLPGVCFG

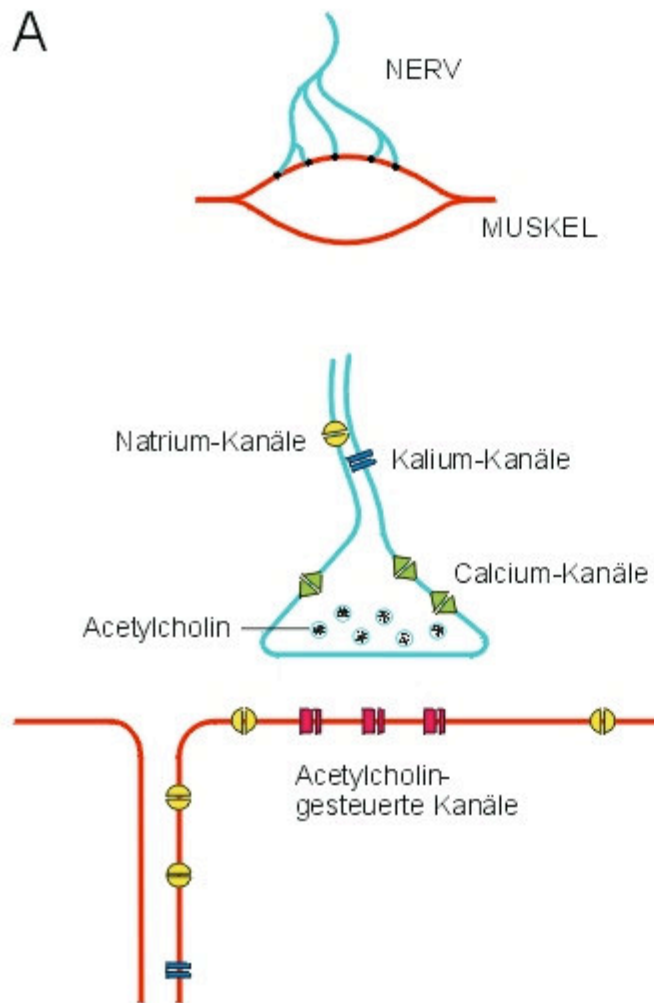
κ - Conotoxin

CRIONQKCFQHLDDCCSRKCNRFNKC

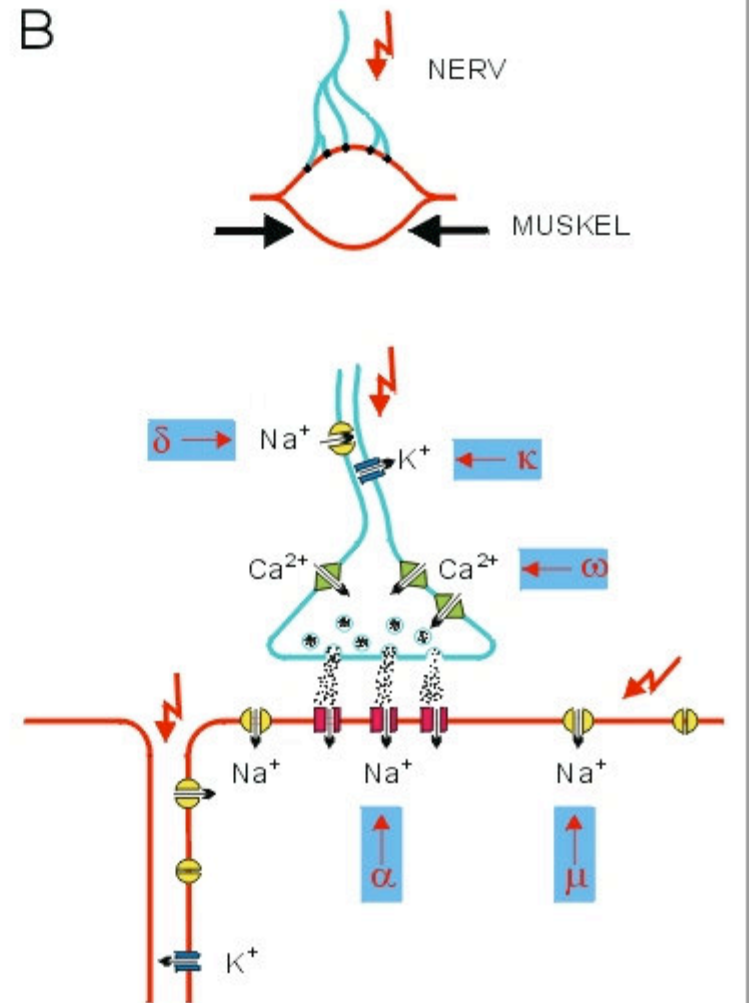
Conotoxine

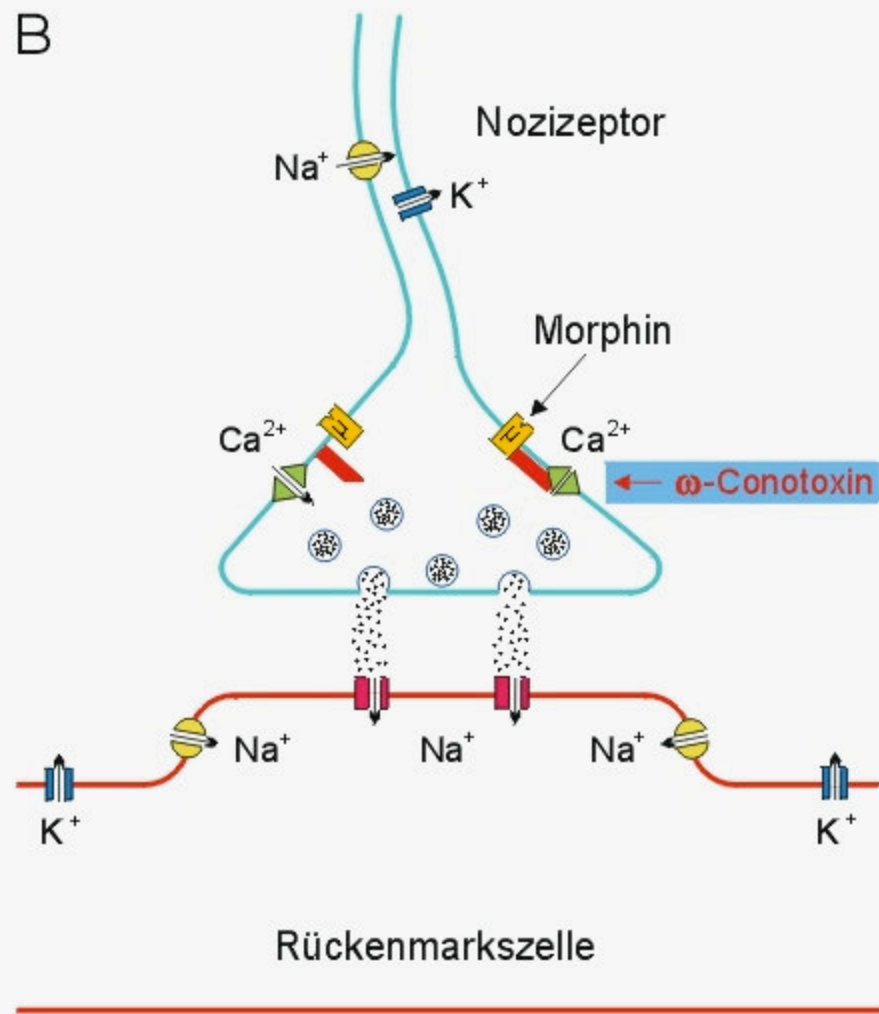
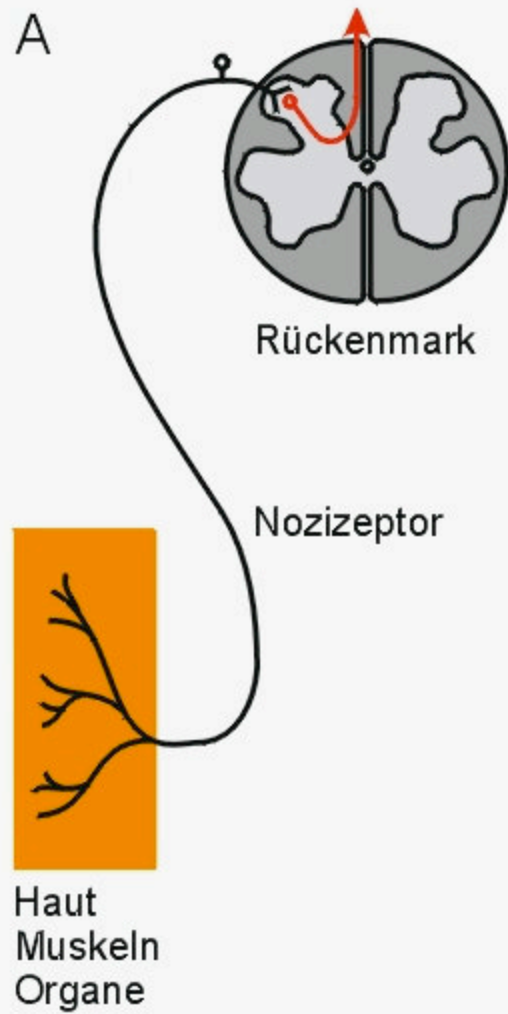
- nach gemeinsamen Zielproteinen im Beuteorganismus gruppiert:
- α -Conotoxine binden an nicotinische Acetylcholinrezeptoren,
- m-Conotoxine an muskuläre Na^+ Kanäle,
- w-Conotoxine an neuronale Ca^{2+} Kanäle,
- d-Conotoxine an neuronale Na^+ Kanäle
- k-Conotoxine an neuronale K^+ Kanäle.

A



B





Kahalalide F

Source: *Elysia rufescens* (mollusk)

Bryopsis pennata (alga)



Potential

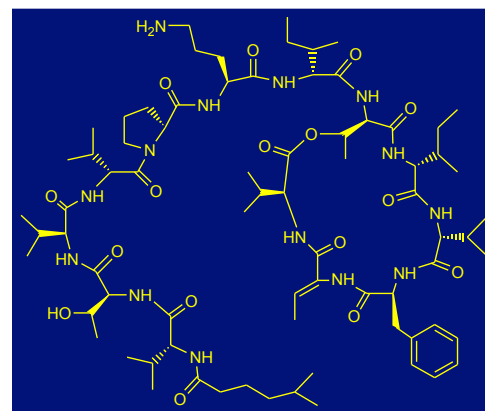
Indication: Prostate cancers (androgen independent)

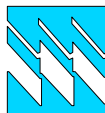
Status: Advanced Preclinical - entering clinical trials Q4, 2000

Mode

Of Action: • Protein kinase inhibition (erbB2)

- Lysosomal membrane disruption





0898-0179

JANUARY 2001

VOLUME 64

NUMBER 1

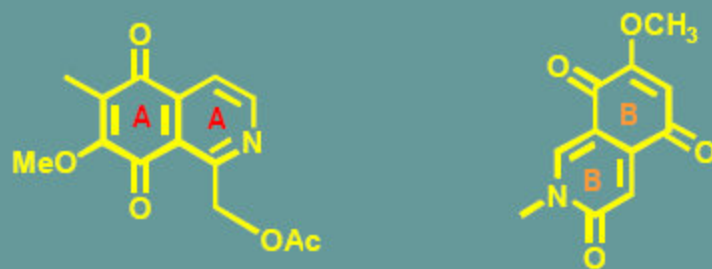
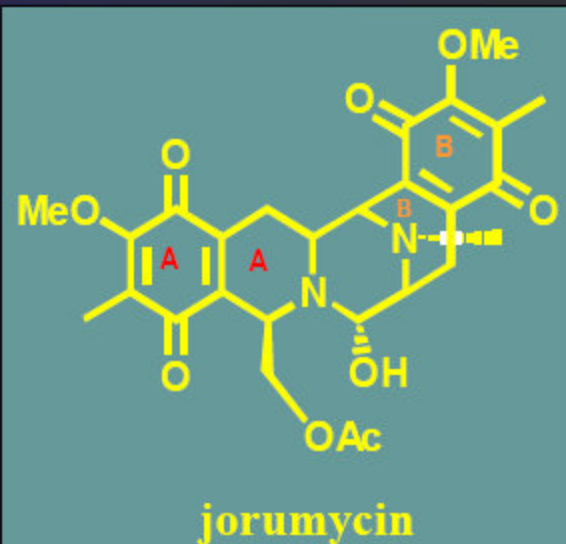
JOURNAL OF NATURAL PRODUCTS



PUBLISHED BY THE
AMERICAN CHEMICAL SOCIETY
AND THE
AMERICAN SOCIETY OF PHARMACOGNOSY

<http://pubs.acs.org/JNP>

Antitumor compound from *Jorunna funebris*

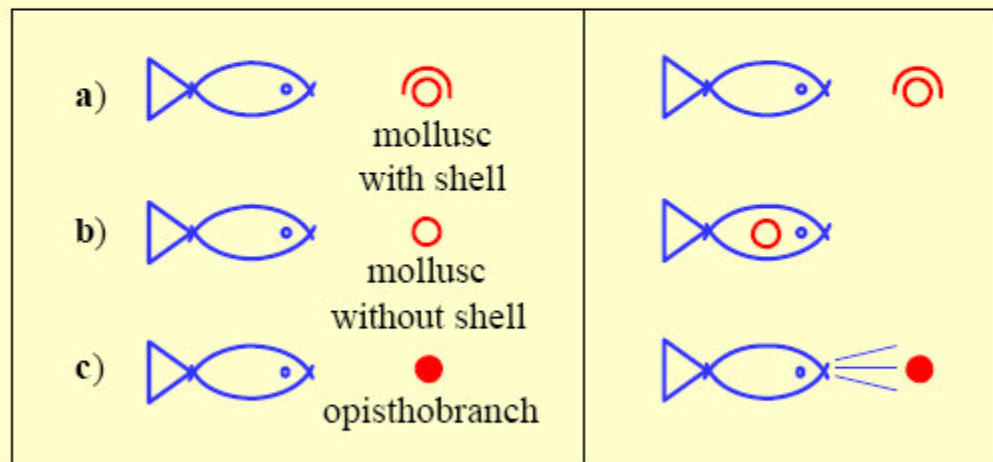


dalla spugna *Oceanapia* sp.

Hystoric milestones on Chemical Ecology of Opisthobranchs

1890 Prof. Herdman tested some alive specimens of *Ancula cristata* by putting them on the tongue of his assistant dr. Moore

1960 T.E. Thompson J. Mar. Biol. U.K. **39**, 115



1976 J. Ros *Oecologia aquatica* **3**, 153
"bad taste of the nudibranchs"
"ignorance of the chemical mechanisms"

Solar-powered sea-slug
Elysiella pusilla



Funktionelle Biologische Systeme

! Funktionen

! Natur vs. Technik

**! Natur für die Technik – Bioinspiration
 Biomimetik**

- Hören statt Sehen
 - Echoortung: Fledermäuse
 - Echoortung: Delphine

- Sich Zurechtfinden
 - Blinde: Schall zur Orientierung
 - Stock mit US-Wandler; taktiler Feedbacksystem (Robocane)
 - Künstliche Netzhaut

- Vom Boden abheben
 - Flugtechnik
 - Insektenflug
 - Möve (Festo)

➤ Robotik

- Humanoide Roboter – biomimetische Maschine
- Geklonte Roboter, evolutive Roboter, etc.
- Künstliche Intelligenz (KI)
- Zur autonomen Lösung komplexer Aufgaben (Tiefsee, Katastrophen, All)

➤ Kooperatives Verhalten

- Schwarmintelligenz
- sich erkennen, lernfähig
- Energieschonend
- Ressourcenschonend

- Fortbewegung im Wasser
 - Auftriebssysteme
 - Tarsiersysteme
 - Vortrieb – oszillierend Flossen (Seenadeln)
 - Rückwärtsgang(?)
 - Nichttrotierende Antriebe (Schädigungsgefahr geringer)
 - Unterwasserfahrzeuge (AUV, ROV)
 - (Energie- und Atmungssysteme (Physikalische Kiemen))

- Fortbewegung an Land
 - Laufroboter – Insekten
 - In alle Richtungen laufen (Taschenkrebse, Winkerkabben)
 - Seitwärts Laufen!
 - Steuerungssysteme (wenige Neurone bei Insekten)

- Mimikry – Versteckspiel
 - Chromatophoren
 - Plattfische
 - Kopffüßer (Tintenfische)

- Anhängen – Haftsysteme
 - Nasse und trockene Adhäsion
 - Kleben und Lösen
 - Haftkraft
 - Haftstrukturen Haken und Ösen
 - Fouling – Antifouling

- Unterwasserchemiker
 - Silikatskelett
 - Kalk
 - Mikolinsensystem

➤ Hart und weich

- Weich – Fluchtmöglichkeiten
- Hart – Fraßschutz
 - Seegurken, Schleimaal
- Biomedizinische Anwendungen
 - Ethylenoxid-Epichlorhydrin Matrix mit Cellulosefasern - steif; + Wasser verflüssigt

➤ Form folgt Funktion

- Termitenhügel
 - Luftzirkulation ohne Energie
 - Nord-Süd-Ausrichtung
 - Natürliche passive Kühlung
 - Kühlkonvektion
 - Lehm- und Passivhäuser



➤ Halt finden

- Eingraben im Sand
 - Rissfortbildung bei Vielborstern (Druck – Riss – Sinken lassen – Verdicken – Rissfortpflanzung)
- Fortbewegen im Sand
 - Sandfisch
 - Schermesserfisch
- Ankersysteme im Sand
 - Scheidenmuschel (Roboclam)
 - (Veränderung der Umgebung – Fuß verdicken)



➤ Ressourcenschonung

➤ Sparsamer Materialeinsatz

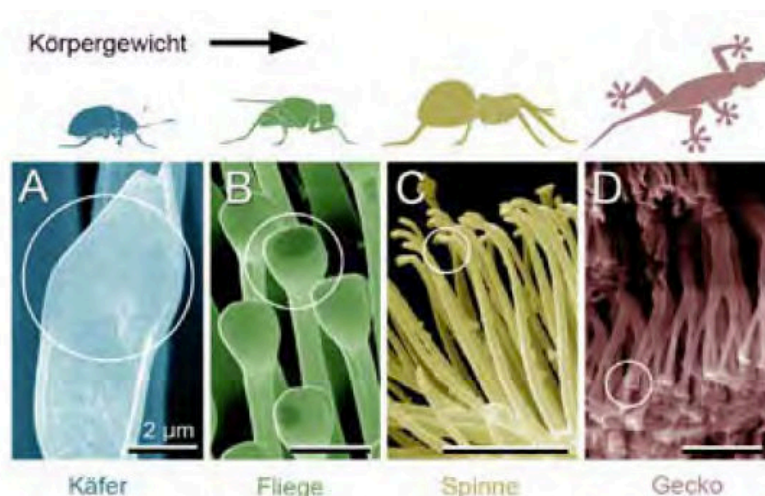
- Leichtbau (Vogelskelett)



- Nachhaltigkeit
- Green Technologies

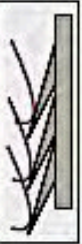
Haftsysteme

Oberflächenstrukturen, Oberflächenspezialisierungen



Haarige Haftstrukturen entstanden im Laufe der Evolution unabhängig voneinander in verschiedenen Tiergruppen. Je größer und schwerer die Tiere sind, desto feiner, dichter und zahlreicher sind Hafthaare an ihren Füßen vorhanden.

Abbildung 1: Rasterelektronenmikroskopische Detailaufnahmen von Hafthaaren (aus Gorb 2005)

Struktur	Wirkungsprinzip	Biologische Beispiele	Technische Prüfmethoden	Beispiele für technische Anwendungen
 aerodynamisch aktive Oberfläche	Reibungsminimierung	Insektenflügel, Haifischhaut	Widerstandsmessung im Windkanal, biotribologische Messmethoden	Luftwiderstand-minimierende Polymerfolie von 3M
 Putzstrukturen	Reibungsmaximierung und Adhäsion	Insektenbeine	biotribologische Messmethoden	
 lautezeugende Oberflächen	Reibungsmaximierung, mechanische Verklammerung	Zikaden, Grillen, Heuschrecken, Käfer	biotribologische Messmethoden	
 Strukturen zur Nahrungszerkleinerung	Reibungsmaximierung (Abrasion)	Zähne, Mundwerkzeuge, Kaumägen	biotribologische Messmethoden	selbstschärfende Schneidewerkzeuge
 Filtrationsvorrichtungen	Reibungsmaximierung und Adhäsion	Mundwerkzeuge bei Fliegen, Filtrationsvorrichtungen bei Meeresorganismen	biotribologische Messmethoden	aktive Filtersysteme

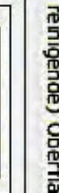
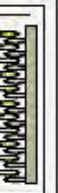
 hydrodynamisch aktive Oberfläche	Reibungsminimierung oder Reibungs- maximierung	Haftschicht, Plankton	biotribologische Messmethoden	
 Strukturen zur Luftückhaltung	Adhäsion, Benetzbarkeit	Plastron der Wasser- insekten (Atmung unter Wasser), Blätter der Wasserlilie	biotribologische Messmethoden, Oberflächenchemie	unter Wasser trocken bleibende Textilien
 Strukturen zur Thermoregulation, Verdunstungsschutz	mehrfache Reflexion	Körperkühlung bei Schmetterlingen und Honigbienen	Spektroskopie	
 Körperformmuster zur Kommunikation, Tarnung	Reflexion, Interferenz, Diffraktion	Insektenflügel	Farbspektroskopie	neuartige multi- funktionale optische Oberflächen
 Anti-adhäsive, nicht benetzbare (selbst- reinigende) Oberflächen	Minimierung der Kontaktfläche zwischen Schmutzpartikeln und Substrat	Pflanzenoberflächen (z. B. Lotus, Kohl), Insektenoberflächen (z. B. Libellenflügel)	Kontaktwinkelmessung, Bestimmung der Oberflächenenergie	Fasersadenfarbe, Antihafbeschichtungen
 Anti-Reibungsoberflächen	Reibungsminimierung, Schmiereffekte	Tierische Gelenke, Fisch- und Reptilienhaut	biotribologische Messmethoden	Mikroelektromechanische Systeme (MEMS)
 Anisotrope Reibung	Reibungsminimierung, Gleiten	gerichtete Bewegung, z. B. Beförderung von Gegenständen	biotribologische Messmethoden	Förderbänder
 Haftsysteme	Reibungsmaximierung, Adhäsion	Füße, Mundwerkzeuge, biologische Greifsysteme, Fixierungssysteme	biotribologische Messmethoden	Haftmaterialien, „gecko adhesive“, industrielle Greifer, Aurorelen

Tabelle 1:
Biologische
Mikrostrukturen
auf Oberflächen,
ihre Wirkungsprin-
zip, biologische
Beispiele und biomi-
metisches Potenzial
(aus Gorb 2006a).

Sehsysteme

Linse

Pupille

Netzhaut

Stäbchen / Zapfen

Sehnerv / Gehirn

✧ **Scharfsehen**

✧ **Nachtsehen**

Katzen (Tapetum lucidum – leuchtender Teppich)

✧ **UV-Sehen**

✧ **Rundumsehen**

✧ **Teleskope (Wolter Radioteleskope)**

Klaus Vogt (1945-2008; u.a. in Stuttgart; Freiburg)

✧ **Unter Wasser sehen**

Sehen unter Wasser

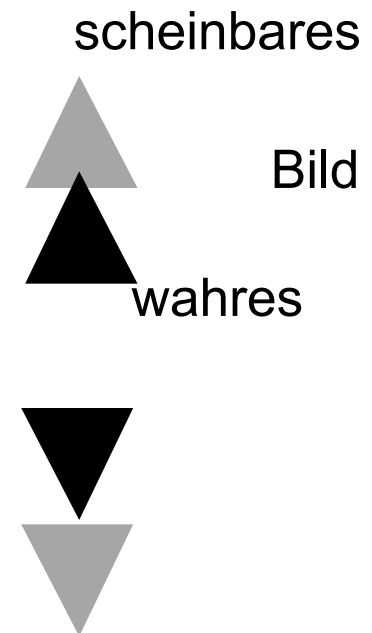


aus: VDST Lehrfoliensatz

Sehen unter Wasser

Luft - Glas - Wasser

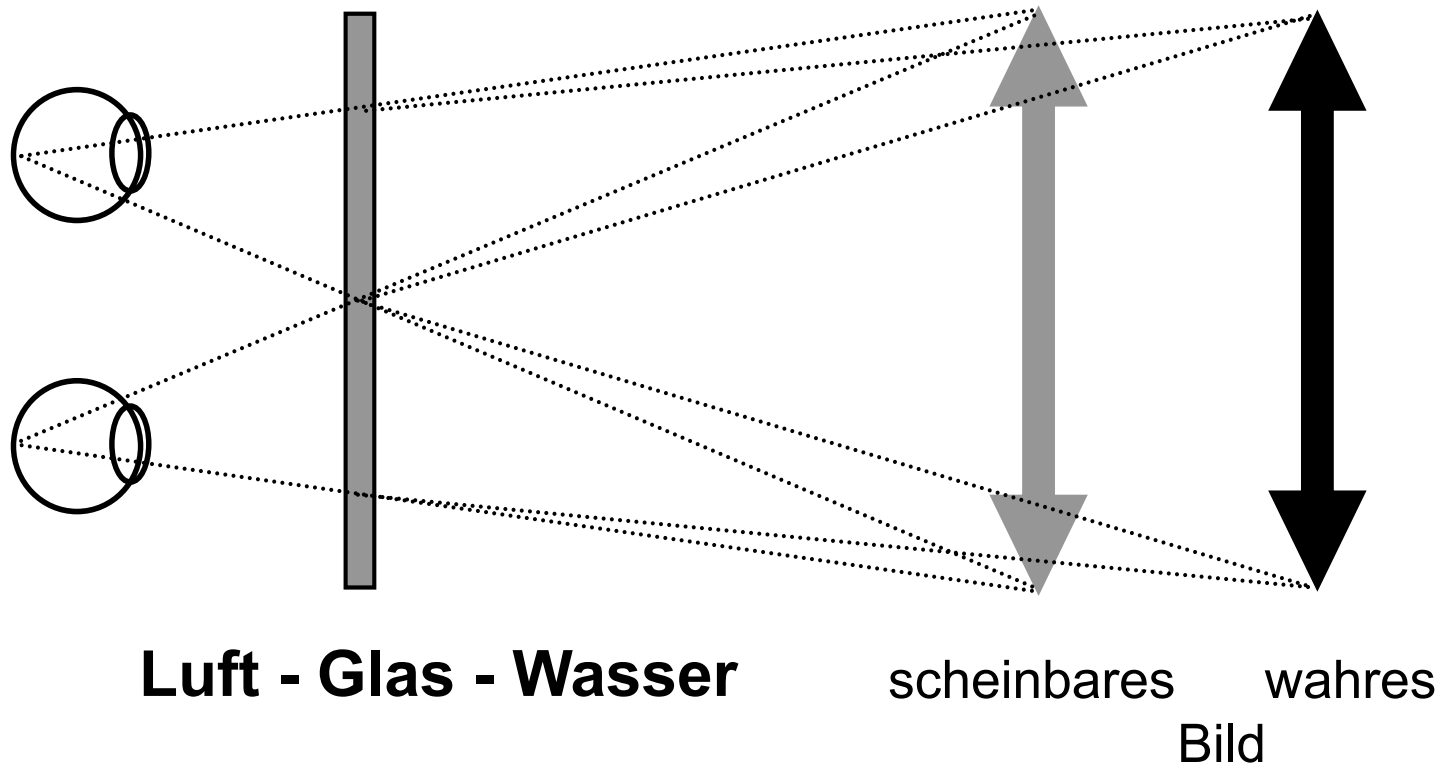
Brechung des Lichtstrahls



Das scheinbare Bild wirkt 1/3 größer

aus: VDST Lehrfoliensatz

Sehen unter Wasser



Das scheinbare Bild wirkt 1/4 näher

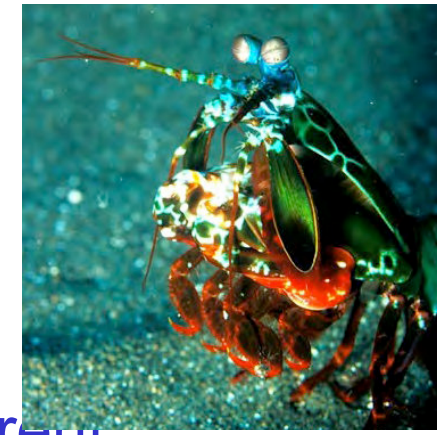
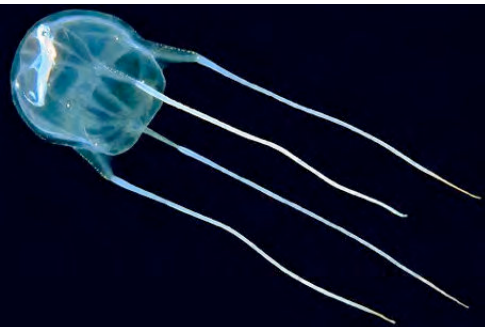
aus: VDST Lehrfoliensatz

Sehen unter Wasser



- ✧ an Sehschwäche angepasste optische Gläser
- ✧ bifokale Ausstattung

Sehen unter Wasser



Winkerkrabben (*Uca* sp.)



Perfekt an flache Lebewelt angepasst

**gestielte, bewegliche Augen
haben Überblick; sehen von oben herab**

**frühe Erkennung der Feinde
sich nähernde Person in 100 Meter
anfliegender Vogel ab 17 Meter**



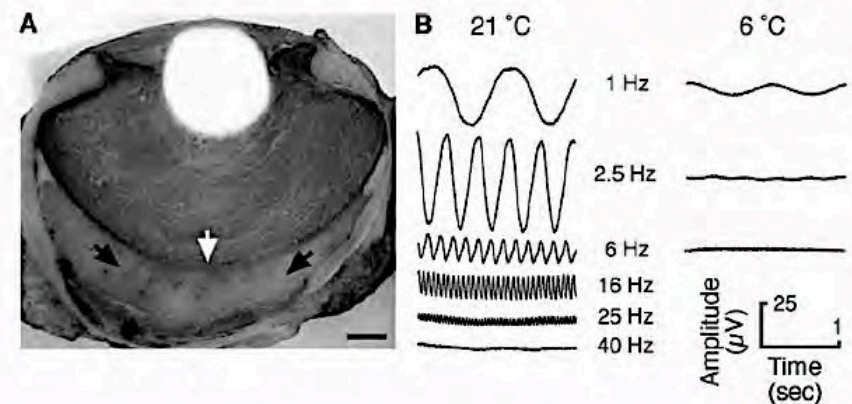
**Können Größe „abschätzen“ über
Position der Abbildung auf der Retina**

Schwertfisch – mit gewärmten Augen sieht Fisch besser



Jäger - auf präzises Sehen in kalten Tiefen angewiesen

**spezielle Blutversorgung der Retina
+ 10 bis 15°C über der Wassertemp.
bis zu 10fach bessere Auflösung**

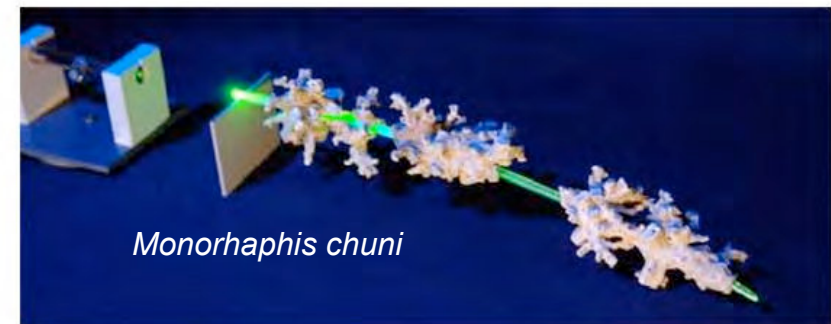
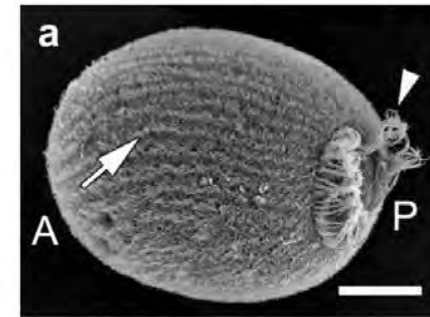
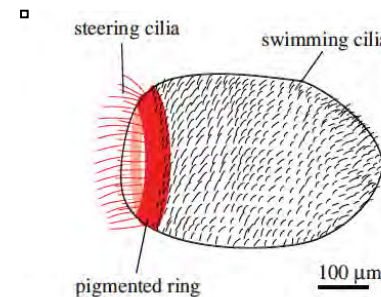
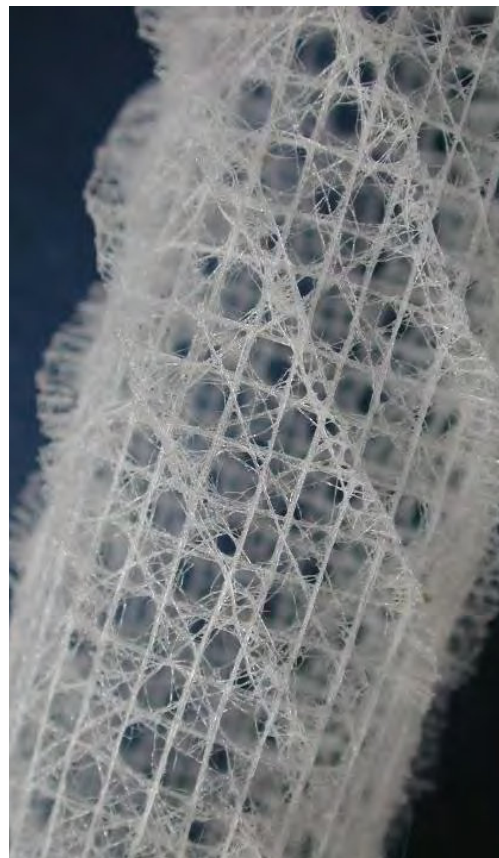
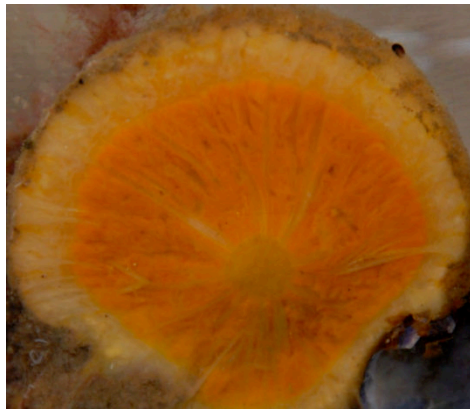


Schwämme (Porifera)



Schwämme – ohne Nerven Lichtwahrnehmung und -leitung

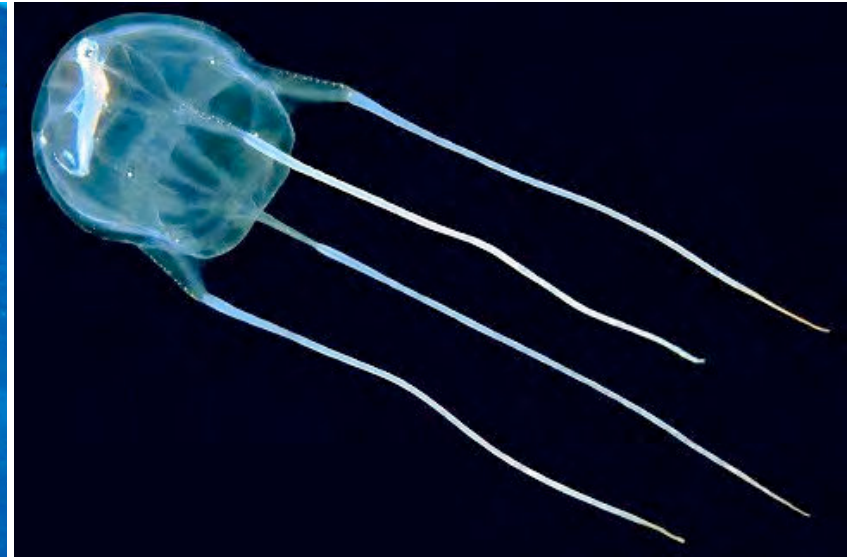
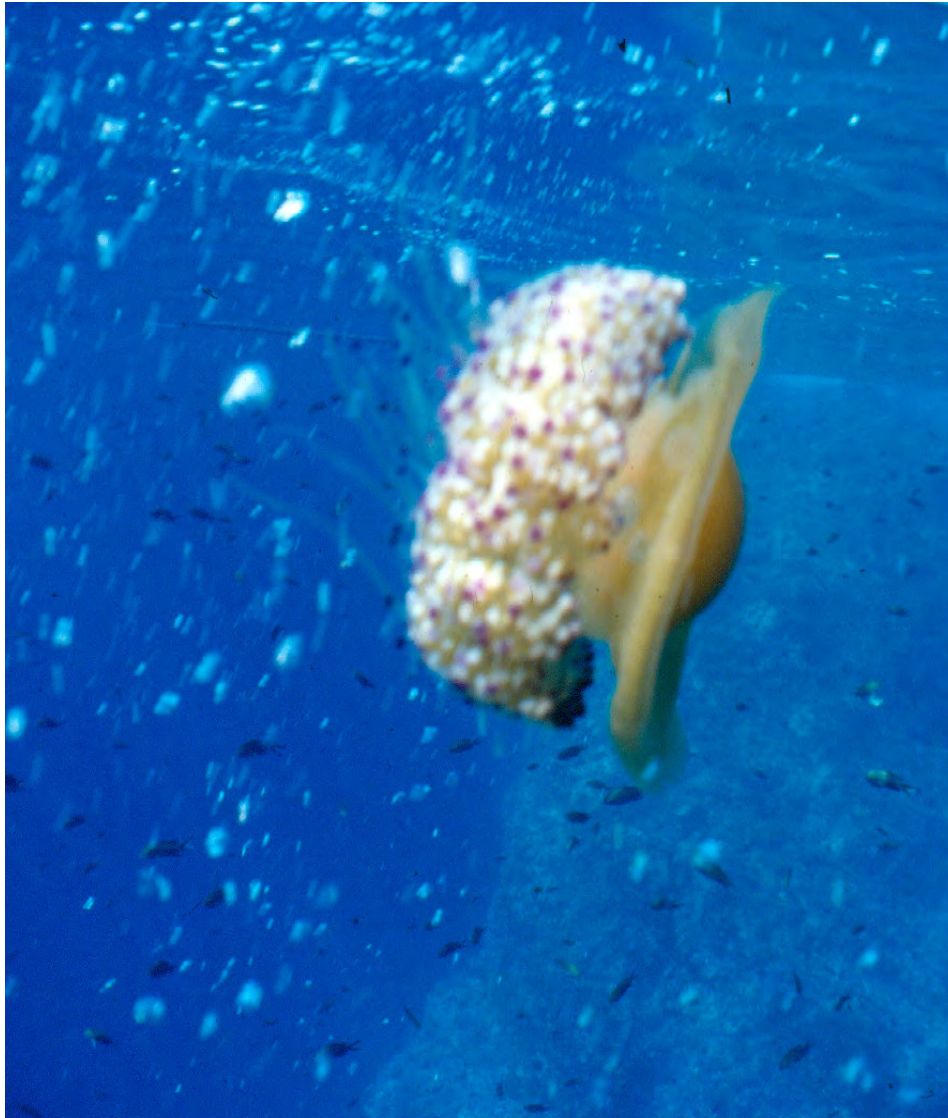
**Larven „sehen“ mit Cilien
spektrale Empfindlichkeit
Bioglasfasern als Lichtleiter
Neues „Sehsystem“ für Tiefsee**



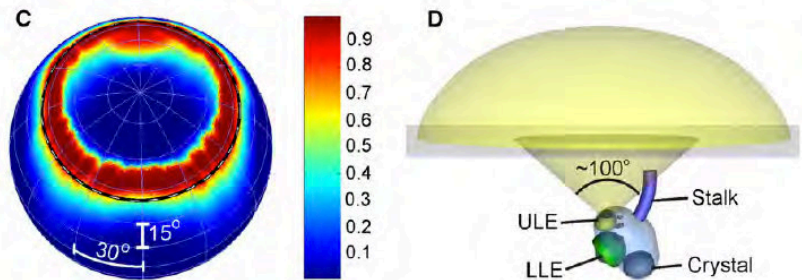
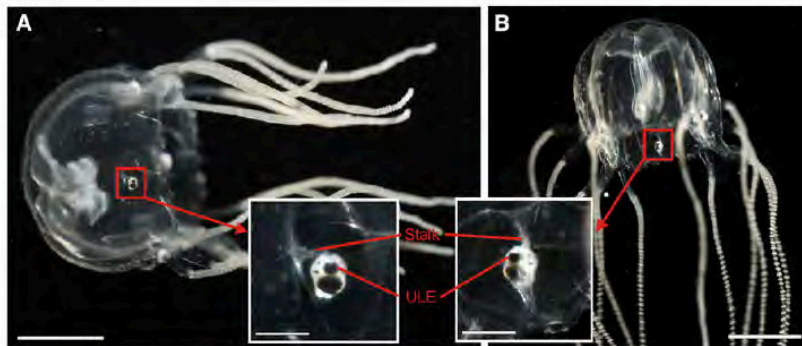
Brümmer et al. (2008)

Leys et al. (2002); Müller et al. (2008)

Quallen (Würfelquallen)



Quallen – mit 24 Augen (4 Typen) unterwegs!

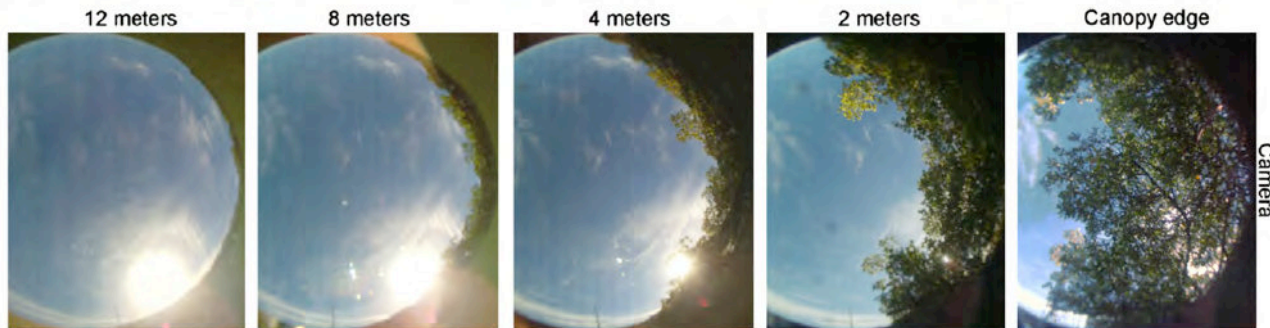


4 Rhopalia mit je 6 Augen

**oberes Linsenaugen gestielt
immer nach oben gerichtet
Statolith als Orientierung**

fast vollständige Rundumsicht

Orientierung in Mangroven



Käferschnecke (Chiton)

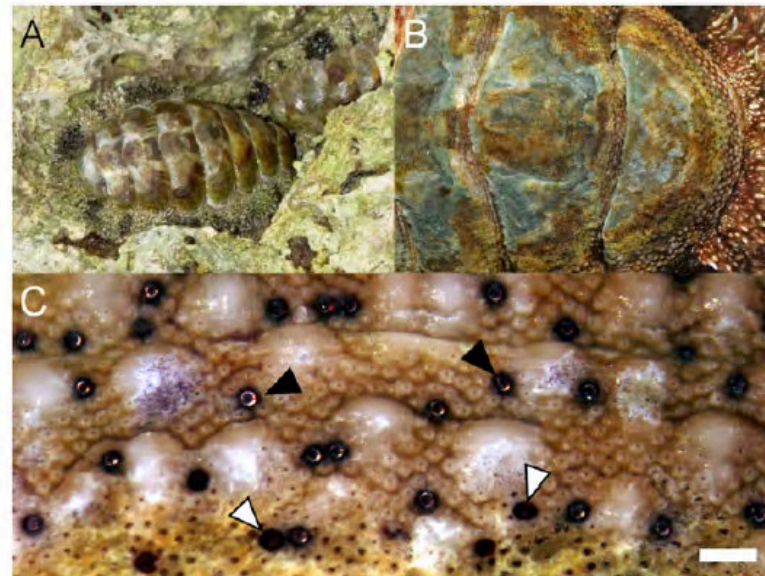
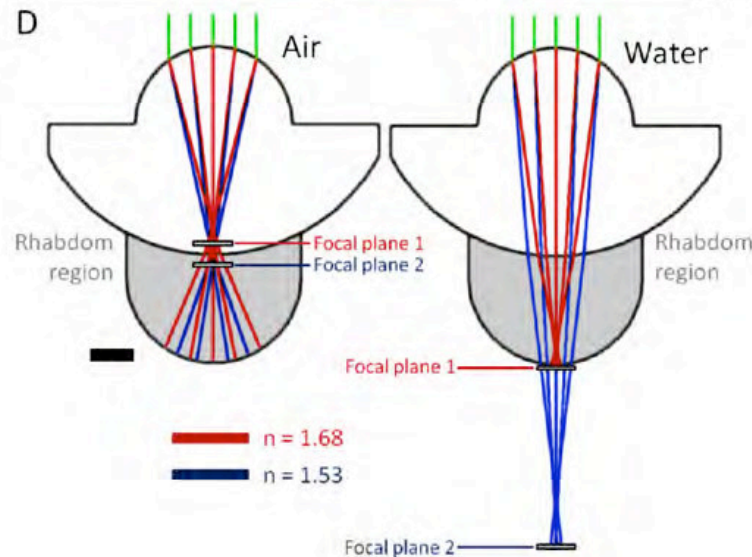
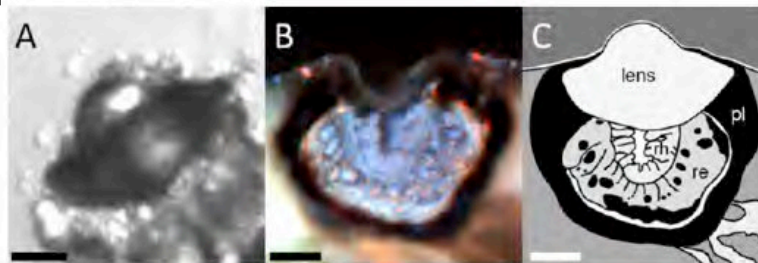


Käferschnecke – sehen mit Hunderten von „Steinchen“

Hunderte von Ocellen seitlich
Ocellus = Pigment + Retina + Linse

Aragonit-Linsen (Kalk)

Hell/Dunkel- und Formen-Sehen
in Wasser und Luft



Gelbrandkäfer & Larve

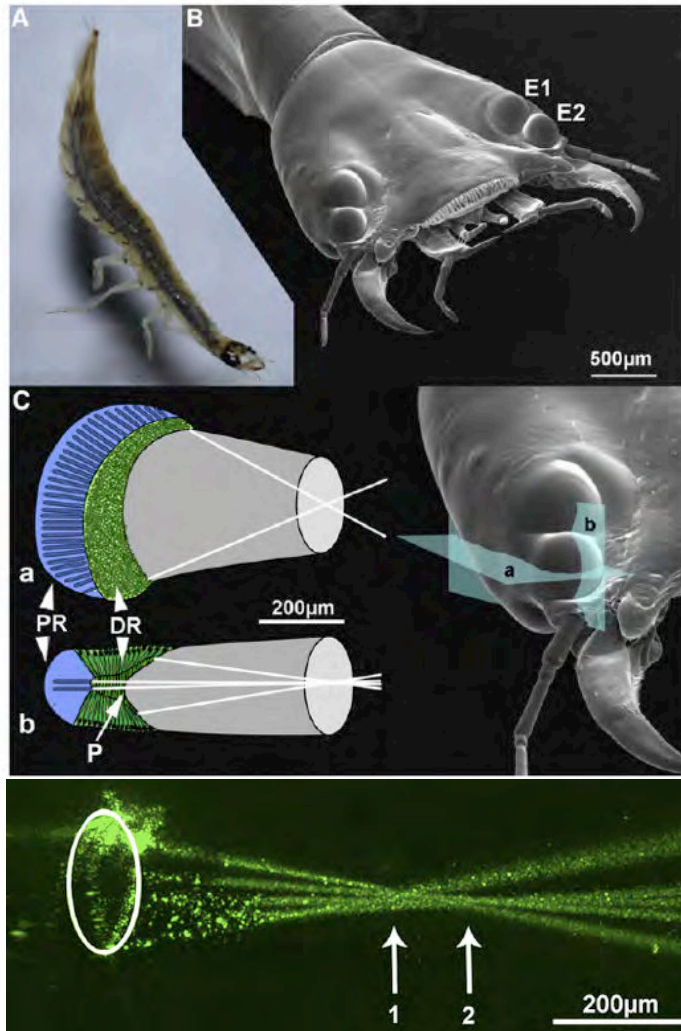


Gelbrandkäferlarve – zwei Augen in Einem

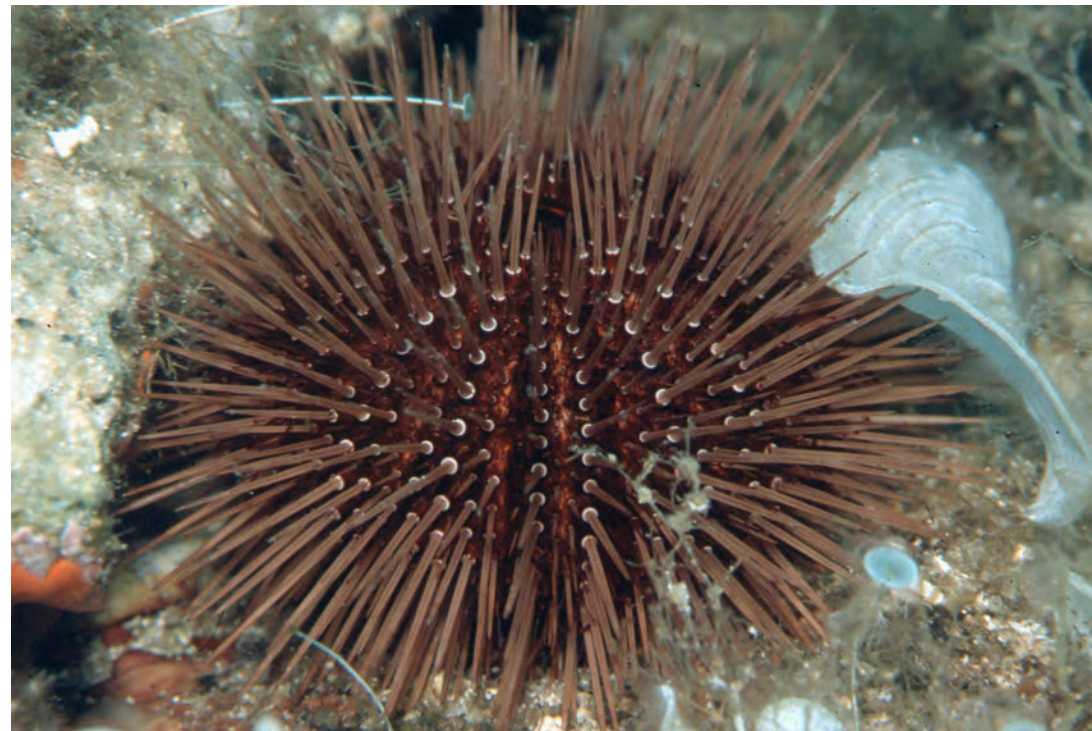
Eine Linse – zwei Retinae
Retina liegt unterschiedl. tief
Gleichzeitig scharfes Nah- und Fernbild

Echtes bifokales Sehen

wichtig bei Jagd nach Beute



Seeigel (Stachelhäuter)



Seeigel – ein „laufendes Komplexauge“

Seit 150 Jahren Lichtreaktionen bekannt

Photorezeptoren in Ambulakralfüßchen
Skelettvertiefungen zur Abschattung
Richtungswahrnehmung möglich
Kalkskelett als Komplexauge

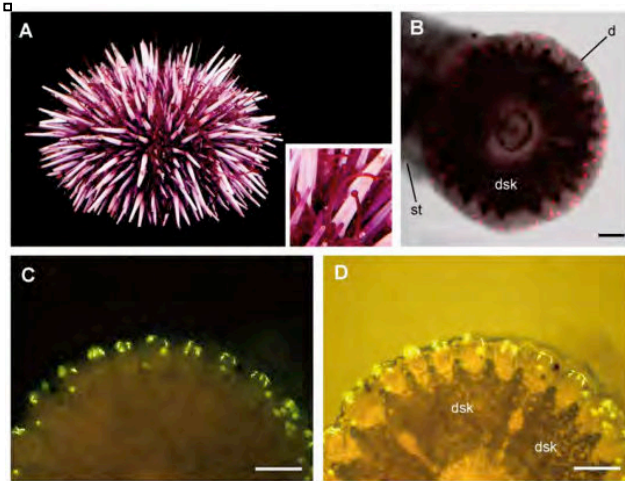
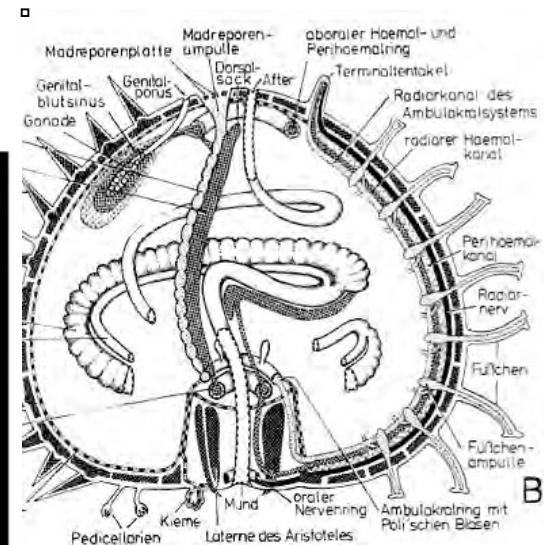
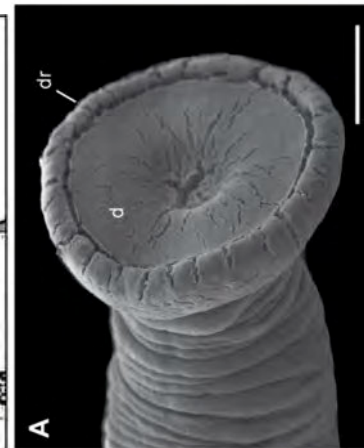
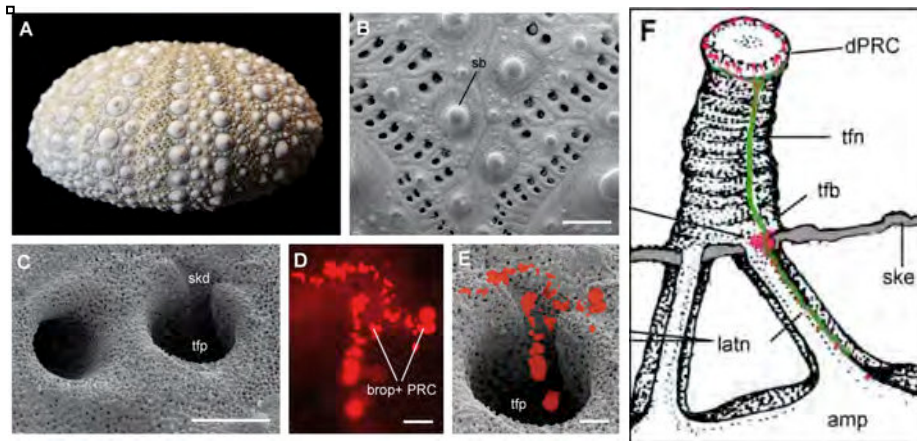


Fig. 1: R-opsin positive PRCs in the tube foot disc of *S. purpuratus*. A. Adult animal. Inset: tube feet. Photograph courtesy of M. Ormestad/Kahikawai, Hawaii. B. Color merge of CLSM z-projections showing tube foot with stalk (st), disc (d) and disc skeleton (dsk). Anti-Sp-opsin4 immunolabeling shows single PRCs (red) located in the rim of the tube foot disc. C. Tube foot disc in top-view with r-opsin positive PRCs (yellow) grouped in epidermal bulges. D. PRC arrangement and calcite tube foot disc skeleton (rosette). Scale bars in B-D: 100 μ m.



Organisationsschema eines „regulären“ Seeigels. (nach NICHOLS).

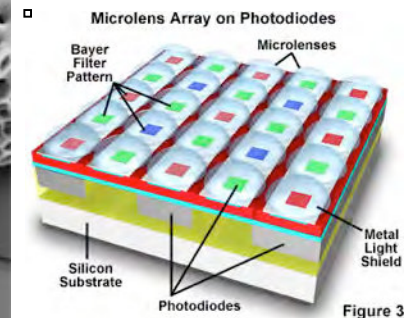
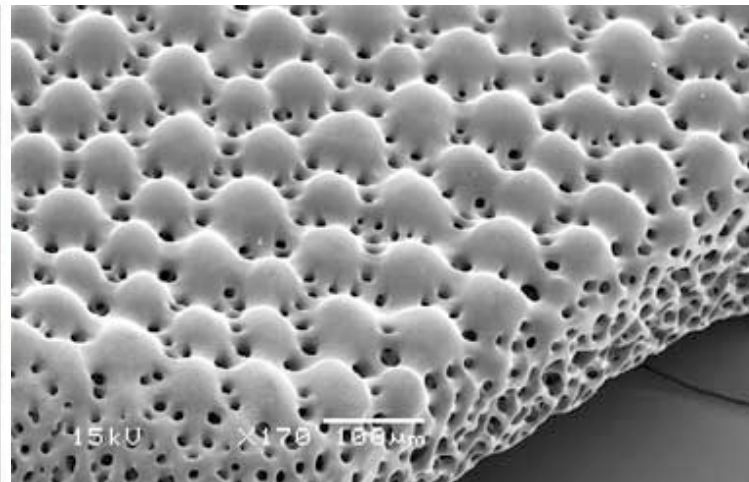
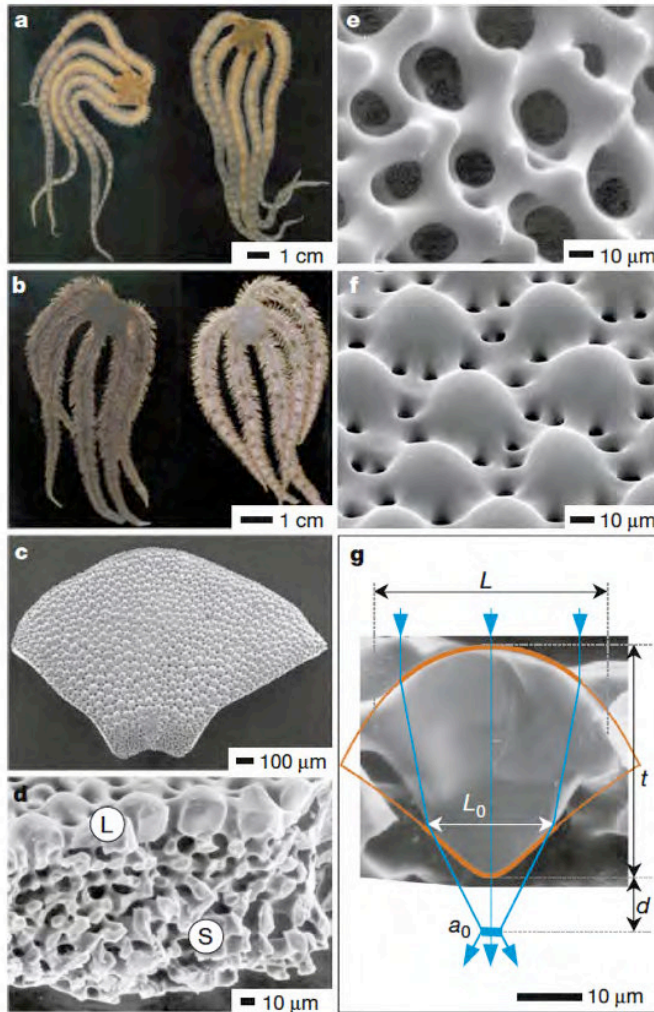
Schlangensterne (Stachelhäuter)



Schlangensterne – Mikrolinsen hoher optischer Güte aus Kalzit

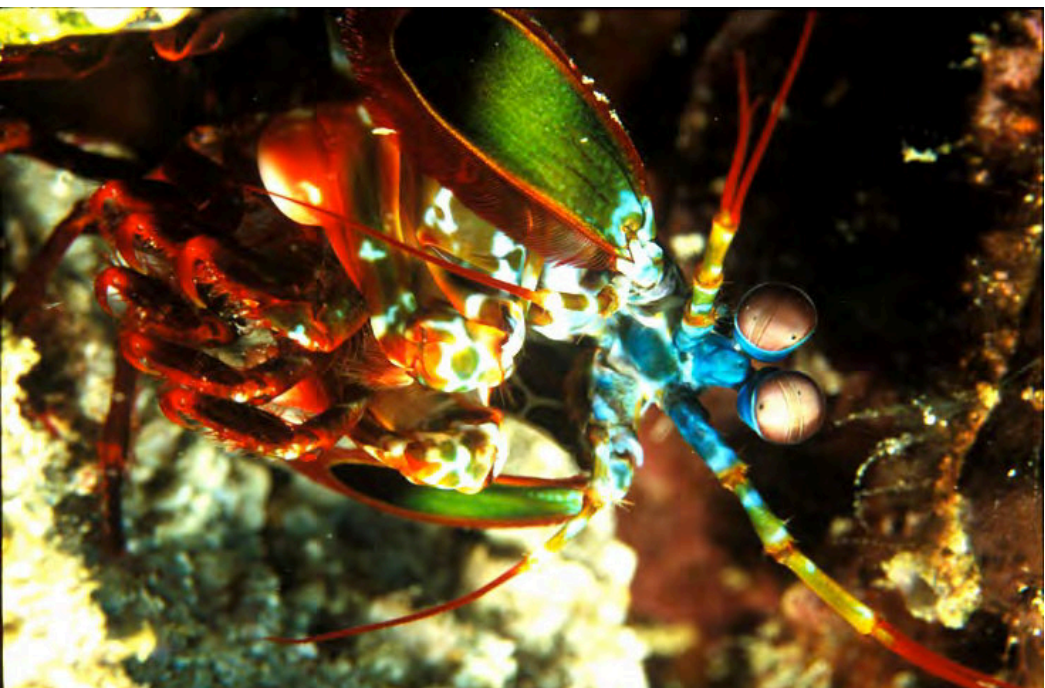
Lichtempfindliche Schlangensterne
stabile Mikrolinsen sind Einkristalle
Mikrolinsen fokussieren auf Nervenbündel
kaum Abbildungsfehler; wachsen nach
„Sonnenbrille“ durch Flüssigkeit aus Poren

Mikrolinsen-Arrays in der Nano-Technik

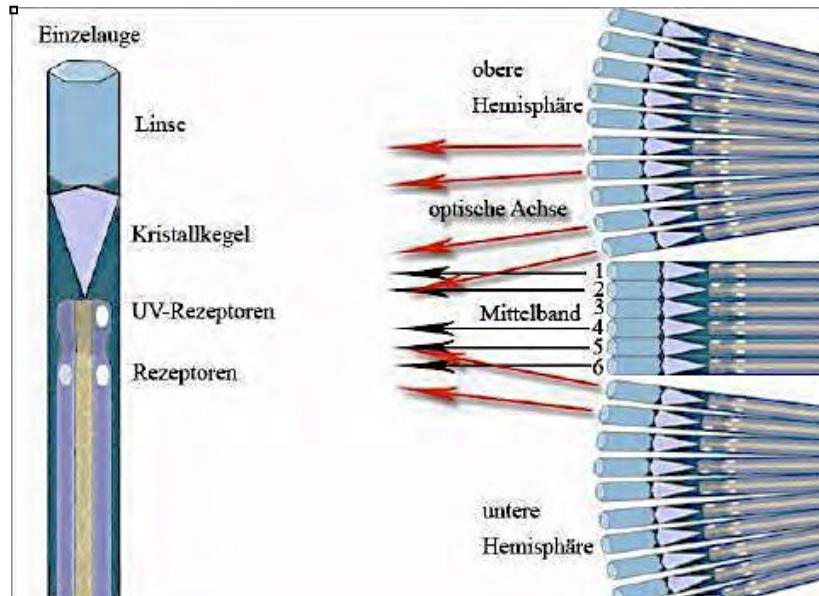




Fangschreckenkrebs

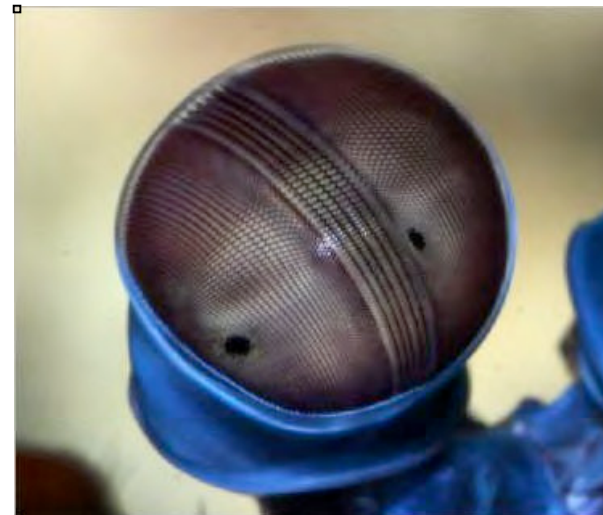
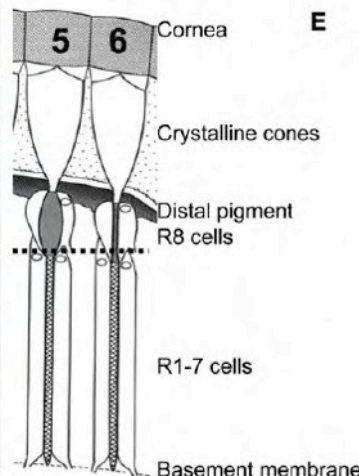
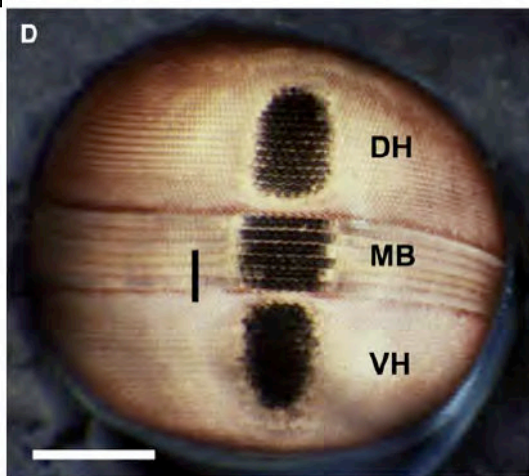


Fangschreckenkrebs



Auge aus bis zu 10.000 Einzelaugen
auffälliges Mittelband aus 6 Reihen
**erkennt bis zu 100.000 Farben (1-4),
 polarisiertes Licht und UV-Licht (5-6)**

Kommunikation über Farbsignale
Pseudopupillen (schwarze Flecken)



Seezigeuner

Kinder der Seezigeuner Moken, Burma

Kinder sammeln marines Getier vom Meeresboden ohne Tauchmaske

hohe Gittersehschärfe (6.06/2.95 Zyklen/Grad

Verengung der Pupille (1,96/2.50 mm)

Akkommodation bis zu 15-16 Dioptrien!

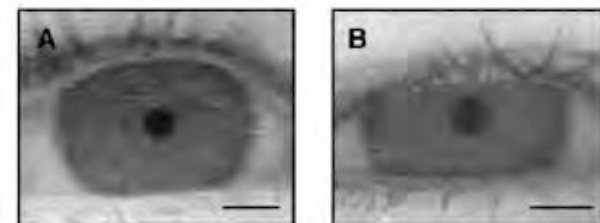
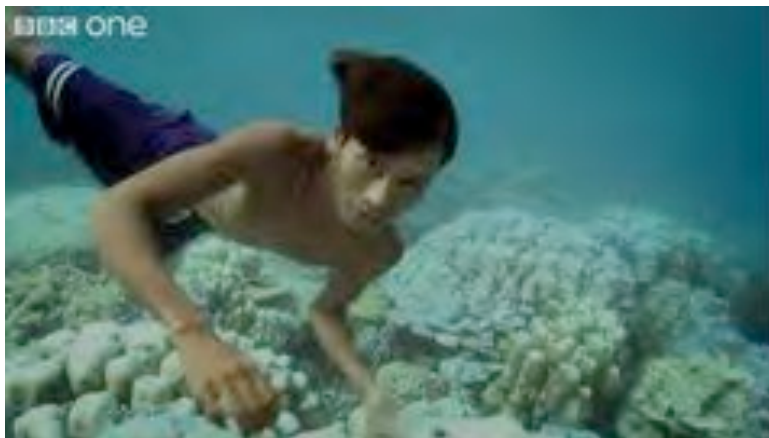


Figure 2. Images of Pupils Underwater

The pupil of a Moken child (A) is smaller than the pupil of a European child (B). Both images were taken with infrared light. Scale bars = 4 mm.

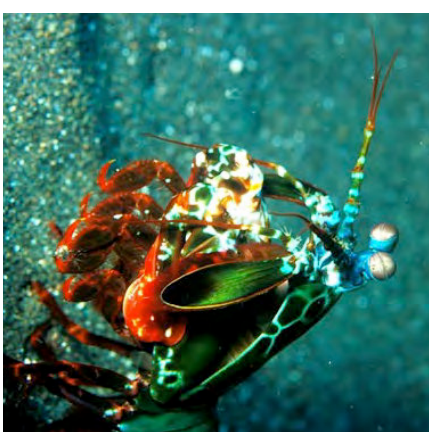
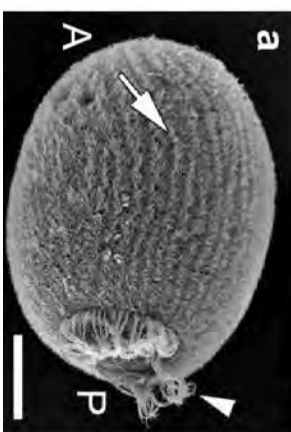


Zusammenfassung

- Tierreich bietet faszinierende Problemlösungen
- Komplexe Systeme (Hard- und Software)
- Möglichkeiten für bioinspirierte Materialien
- Sehr spezialisierte Anpassungen an unterschiedlichste Lebensräume, an Ernährungsstrategien und innerartliche Kommunikation
- Marine Organismen sehen mehr als vermutet!

Fotos & Abbildungen:
H. Frei, P. Munzinger,
W.E.G. Müller, F. Brümmer,
aus zitierten Originalarbeiten

Sehen unter Wasser



Funktionelle Biologische Materialien und Systeme

- ! Neue Materialien**
- ! Natur vs. Technik**
- ! Komposition und Hierarchie**
- ! Natürliches Design**

Bioinspiration
Biomimetik

Vorlesung

Bionik für die Medizintechnik



Gliederung des Pflanzenreichs

Übung1 21.11.2013 Dr. Oliver Schwarz

Das Ringen um klar umrissene Gruppenbildung

- Deutlich zu unterscheiden sind Algen, Farne, Moose und die Blütenpflanzen,
- Die Kryptogamen (blütenlose Pflanzen) und die Phanerogamen (Blütenpflanzen)
- Gymnospermae und Angiospermae (Nackt- und Bedecktsamer)

Arbeitsgebiete der modernen Botanik

- Morphologie: Gestalt-Lehre
 - Anatomie (innerer Bau)
 - Morphologie i.e.S. (äußerer Bau)
- Systematik: Verwandtschaftsforschung
 - Taxonomie (Beschreibung, Benennung)
 - Paläobotanik
 - Evolutionsforschung
- Ökologie:
Beziehungen von Pflanzen und Umwelt
- Physiologie/Genetik:
 - Stoff- und Energiewechsel
 - Formwechsel
 - Bewegung
 - Differenzierung
- Pflanzenzüchtung: klassisch / molekular

Ziel der systematischen Forschung:

Natürliches System basierend auf:

- Verwandtschaftsbeziehungen/Abstammung
- Parameter:
 - Fortpflanzungssysteme (Blüten- und Samenbau)
 - Differenzierungsgrad des Vegetationskörpers
 - Molekulare Daten (DNA-Sequenzen)

Einteilung nach Differenzierungsgrad des Vegetationskörpers

- Thallophyten /Cormophyten
- Thallus: einfach strukturiert, nicht in Wurzel, Sproß, Blatt gegliedert
- Cormus: gegliedert in Sproß, Wurzel, Blatt

Klassische Einteilung des Pflanzenreiches

- Pilze (Mykota)
- Algen (Phycophyta)
- Moose (Bryophyta)



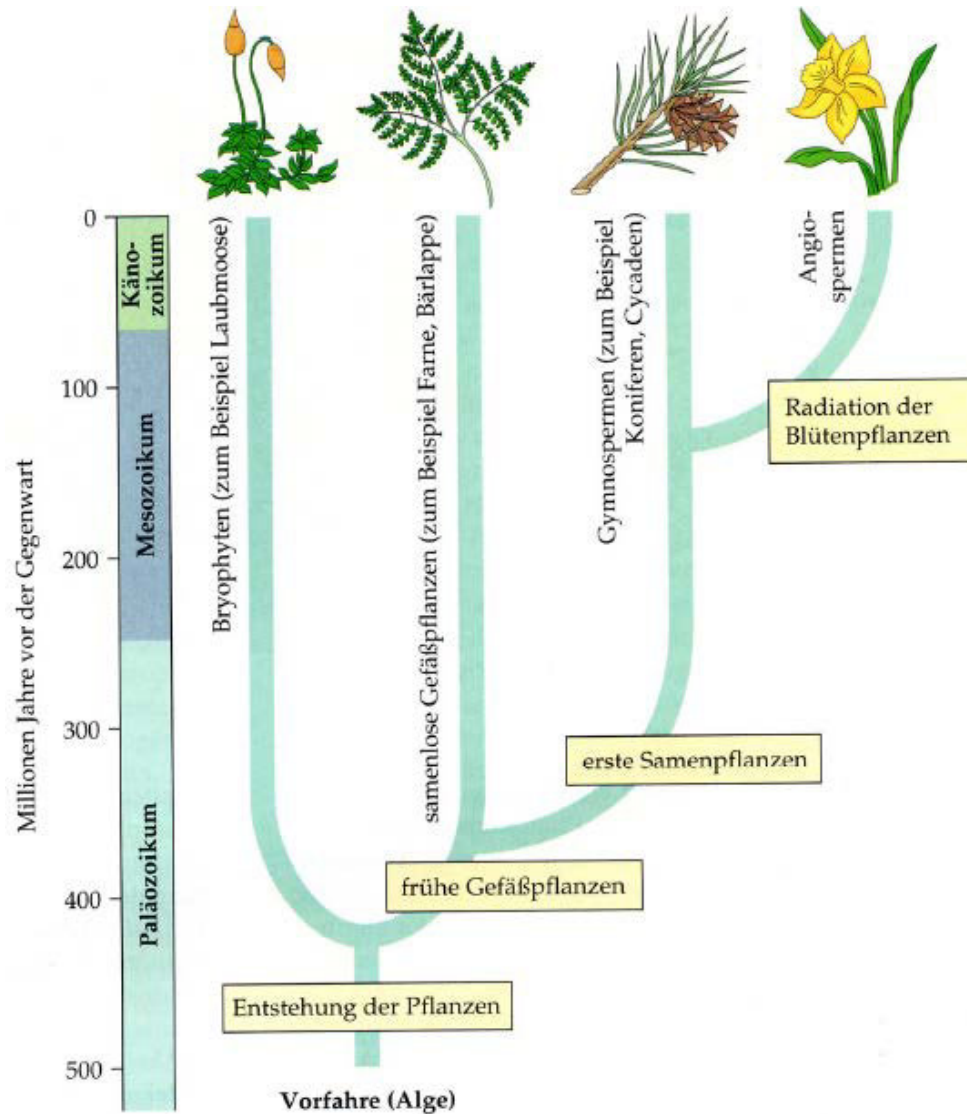
Thallophyten

- Farne (Pteridophyta)
- Samenpflanzen (Spermatophyta)



Cormophyten/
Gefäßpflanzen

Entwicklung



Algen

- photoautotrophe Thallophyten
- im Wasser lebend, überwiegend marin
- Einzeller bis zu großen Gewebethalli
- Einteilung u.a. nach Photosynthesepigmenten:

Rot-, Grün-, Braunalgen

Grünalgen

- sind Vorstufen der höheren Pflanzen:
 - Photosynthesepigmente (Chlorophylla,b)
 - Stärke als Reservestoff
 - Zellulose als Zellwandpolymer
- Höchstentwickelte Grünalge:
Chara (Armleuchteralge) siehe nächste Seite

Chara braunii



- Thallus gegliedert in Nodien (Knoten) und Internodien
- Wuchs mit Scheitelzelle
- weibliches Gametangium ist durch Hülle geschützt
- Überleitung zu Moosen



Moose

- einfach strukturierte „Embryophyten“
- Ei entwickelt sich in schützender Hülle (Archegonium) zum Embryo
- noch kein Cormus , aber Wurzel-, Sproß-, Blatt-ähnliche Strukturen (Rhizoid, „Stamm“)
- noch keine Gefäße ausgebildet
- der Gametophyt dominiert

Gliederung der Moose:

- Bryophyta (Laubmoose) ca. 10.000 Arten (links)
- Hepatophyta (Lebermoose) ca. 6.500 Arten (mitte)
- Anthoceroephyta (Hornmoose) ca. 100 Arten (rechts)



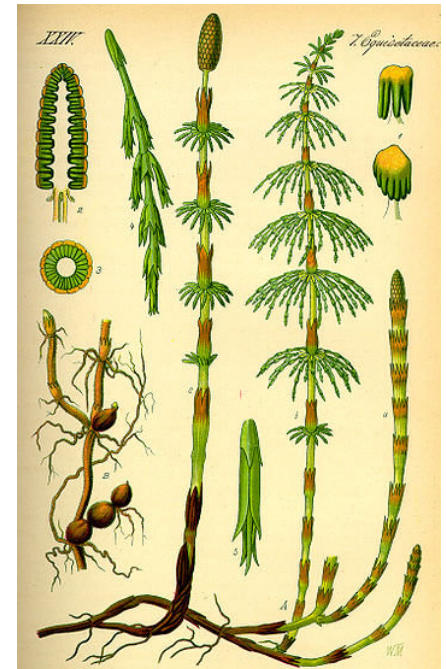
Farne:

- einfache Gefäßpflanzen
- samenlos
- Sporophyt dominierend



Gliederung der Farnpflanzen:

- Psilophyta (Nacktfarngewächse) ca. 10 Arten (links)
- Lycopodiophyta (Bärlappgew.) ca. 1.000 Arten (mitte)
- Sphenophyta (Schachtelhalmgew.) ca. 15 Arten (rechts)
- Pteridophyta (Farngew.) ca. 12.000 Arten



Die Samenpflanzen (Spermatophyta):

- gut angepaßte Bewohner des Festlandes:
- - wasserunabhängige Befruchtung
- - (Pollen)
- - Samenentwicklung:
- - gut geschützter Embryo

4 phylogenetische Entwicklungslinien der **Abteilung** der Spermatophyten

- Ukl. Cycadidae (links)
- Ukl. Ginkgoideae (mitte links)
- Ukl. Pinidae (mitte rechts)
- Ukl. Magnoliidae (rechts)



4 phylogenetische Entwicklungslinien der Abteilung der Spermatophyten

- Unterklasse Cycadidae (links) - Cycadeen ca. 100 Arten
- Ukl. Ginkgoideae (mitte links) – Ginkgogwächse 1 Art
- Ukl. Pinidae (mitte rechts)- Nadelbäume ca. 550 Arten

Klasse der
Gymnospermae
(Nacktsamer)

- Ukl. Magnoliidae (rechts)- Magnoliengewächse
- ca.235.000 Arten

Klasse der
Angiospermae
(Bedecktsamer) oder
Anthopyhta
(Blütenpflanzen (engl.))



Angiospermen:

Die höchstentwickelten Landpflanzen

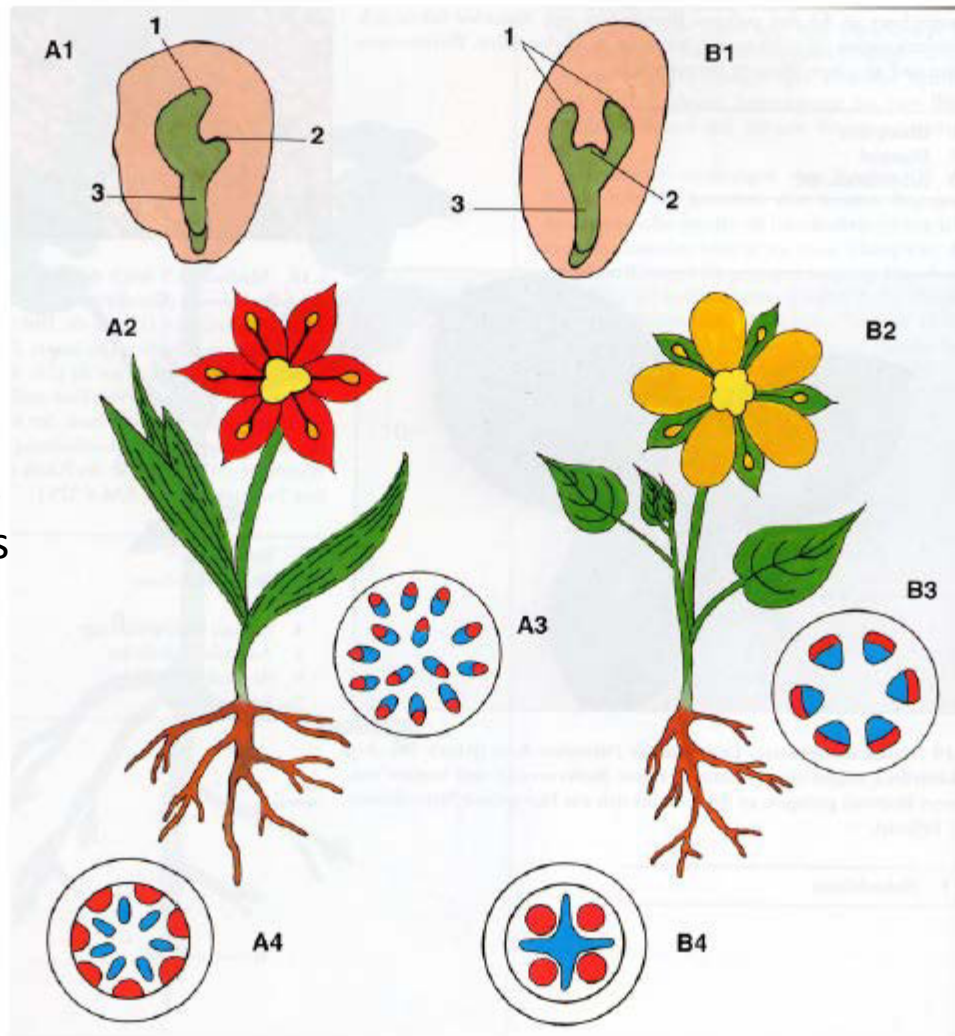
- Monocotyledonae (Einkeimblättrige)
- Ca. 60.000 Arten
 - Zwiebelgewächse, Mais, Lilien, Orchideen, Mais, Palmen, Getreide,
- Dicotyledonae (Zweikeimblättrige)

Alle nicht Nadelbäume

Ca. 200.000 Arten

Mono- cotyledonae

Kaum Verzweigung,
geschlossene Leitbündel,
daher ist kein sekundäres
Dickenwachstum nach
den Mechanismen,
Parallelnervig,
Keine Aufteilung der
Blätter,
Krautige Pflanzen
(Ausnahme : Palmen)
Dreiteilige Blütenorgane



Di- cotyledonae

verzweigt
Dickenwachstum ,
Verzweigt nervig
Verschiedene
Blattausformungen,
Krautig und Bäume

Systematik Regeln zur Benennung

Kategorie (deutsch/lateinisch) -Abkürzungen	Beispiel (lateinisch/deutsch)
Domäne	Eukarya (Eukaryonten)
Reich (regnum)	Plantae (Pflanzen)
Unterreich (subregnum) <i>-bionta</i>	Cormobionta (Kormophyten= höhere Pflanzen))
Abteilung (phylum) <i>-phyta</i>	Spermatophyta (Samenpflanzen)
Unterabteilung (subphylum) <i>-phytina</i>	Magnoliophytina (= Angiospermen = Bedecktsamer)
Klasse (classis) <i>-phyceae</i>	Magnoliatae (= Dikotyledonen = Zweikeimblättrige)
Unterklasse (subclassis) <i>-idae</i>	Asteridae Asteranae
Überordnung <i>-anae</i>	
Ordnung (ordo) <i>-ales</i>	Asterales (Korbblütler)
Familie (familia) <i>-aceae</i>	Asteraceae
Unterfamilie (subfamilia) <i>-oideae</i>	- Anthemideae
Tribus (tribus)	
Gattung (genus)	Achillae
Art (species, spec.)	Achillea millefolium L. (Schafgarbe)
Unterart (subspecies, subspec. ssp.)	subsp. sudetica

Hinweis: die fett gedruckten Kategoriebezeichnungen sollten Sie wissen.

Domäne

Archaea

Bacteria

Eukarya

Reich

Archaea

Bacteria

Protista

Plantae

Fungi

Animalia

Abteilung

Pinophyta

Magnoliophyta

Klasse

Pinopsida

Magnoliopsida

Ordnung

Pinales

Fagales

Familie

Pinaceae

Fagaceae

Gattung

Pinus

Quercus

Art

sylvestris

robur

Allgemeiner Name

Waldkiefer

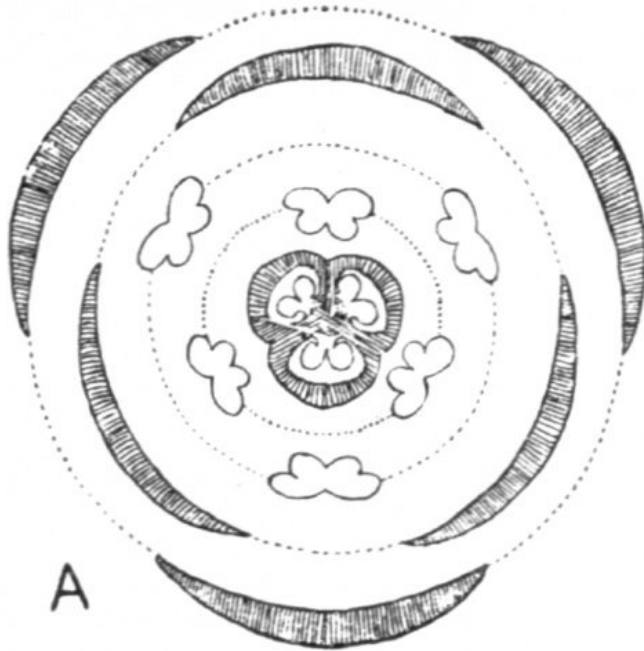
Stieleiche

Erfindung der binären Nomenklatur

- Durch Carl von Linnaeus 1753
- Großgeschriebener Gattungsname + kleingeschriebenen Namen der Art
- Gefolgt von Erstautor (meist abgekürzt)
- Bsp. *Fagus sylvatica* L.
- *Castanea sativa* Mill.

Wichtigste Nachschlagewerke der botanischen Namen:
Index Kewensis und IPNI (International Plant Name
Index),
Index Londinensis (bis 1930 Abbildungen aufgelistet)
Index Holmiensis Verbreitungskarten





A Tulpe.

Die Blütenformel für die Tulpenblüte lautet nach dem beschriebenen Schema*:

B3 + 3 **S**3 + 3 **F**(3)

Blütenhülle

Staubblätter

Fruchtblätter (miteinander verwachsen),

Fruchtknoten oberständig

*Bezeichnet man eine nicht in Kelch und Blumenkrone gegliederte **Blütenhülle mit B**, dagegen bei deutlicher Gliederung in zwei verschiedene Kreise den **Kelch mit K**, die **Blumenkrone mit Bk**, die **Staubblätter mit S**, die **Fruchtblätter mit F** und deutet **Verwachsungen von Gliedern eines Kreises oder mehrerer Kreise** durch Klammern



Übung 3: Von Der Bionik zur Medizin

Gestaltung eines Pendelhubbohrers für die orthopädische Chirurgie

Stand: 02.01.2014

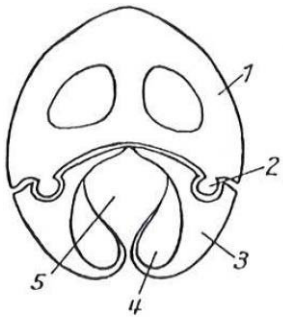
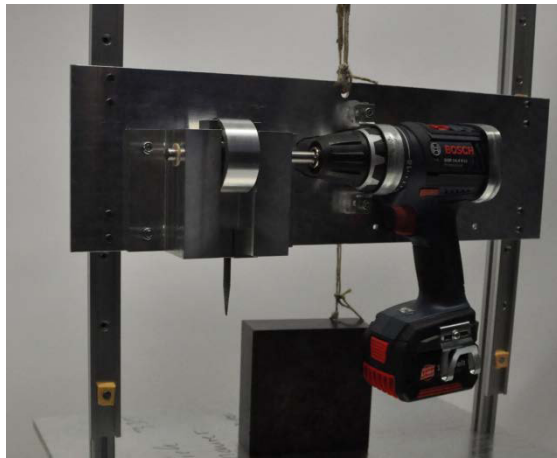


Abb. 5. Querschnitt durch den eigentlichen Stachel. 1: Stachelrinne mit den beiden Kanälen; 2: Gleitrippen für die Stechborsten; 3: Stechborsten; 4: Stechborstenkanälchen; 5: Eiausführgang



Technische Umsetzung des Bohrers



Riesenholzwespe (*Urocerus gigas*), ♀, bei der Eiablage

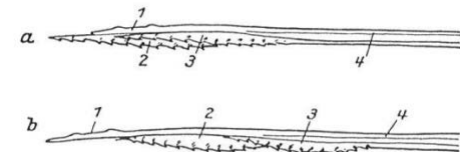
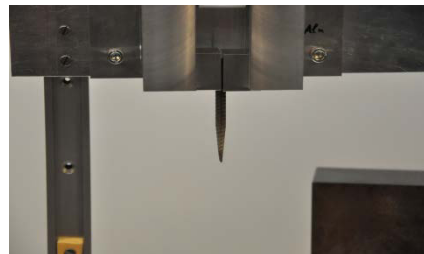
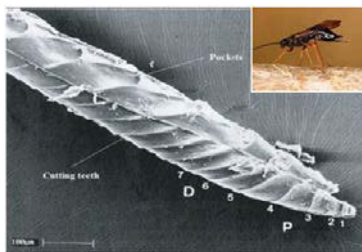
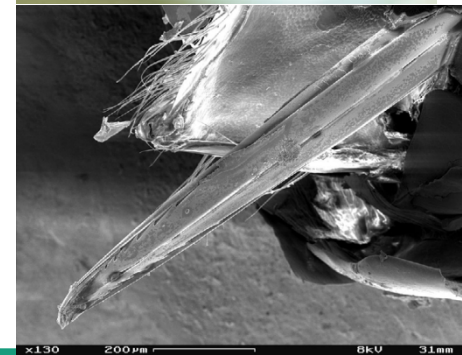


Abb. 6. Der distale Teil der Stachelrinne und der Stechborsten von der Seite (nach einer Fotografie angefertigt). 1: Spitze der Stachelrinne; 2: Sägeblatt der dem Beschauer abgewandten Seite; 3: Sägeblatt der anderen Seite; 4: Ventralkante der Stachelrinne. Weitere Erklärung im Text

Der Stachel der Wespen

Fast alle weibliche Tiere der Wespen- und Bienenarten besitzen einen Stachel am Hinterleib. Die Funktion des Stachels unterscheidet sich allerdings je nach Art voneinander. Zum einen kommt er als Stichwaffe mit Gift zum Einsatz, um sich zu verteidigen. Zum anderen ist er, wie bei den Holzwespen-Arten, für die Eiablage konzipiert. Daher fehlt bei den Holzwespen-Arten (Urocerus, Sirex, Paururus, Tremex und Xeris) ein Giftstachel.

Allerdings haben die Schlupfwespen-Arten neben einem Legebohrer eine Giftdrüse, um ihre Wirtlarve zu lähmen.



Hymenoptera - Hautflügler

In die Ordnung* der H. gehören u.a. Wespen, Hornissen, Hummeln, Bienen und Ameisen.

Die H. werden in die folgenden Unterordnungen unterteilt: Taillenwespen (Apocrita) und die Unterordnung der Pflanzenwespen (Symphyta) zu letzteren unsere Bohrvorbilder die sog. *Holzwespen* (Siricidae) mit weltweit ca. 100 Arten gehören, die Nadel und Laubholz befallen, gehören.

Die *Schlupfwespen* (Ichneumonidae), bohren ebenfalls in Holz. Sie leben parasitär, d.h. sie haben es auf die Larven, die im Holz leben, abgesehen, in welche sie ihre Eier legen. Sie gehören zur Unterordnung der Taillenwespen

*die Insekten werden in ca. 33 Ordnungen eingeordnet, s. nächste Seite:

Einschub: Die Insektenordnungen (nicht zum Auswendiglernen, nur zur Übersicht!)

Ordnung Diplura – Doppelschwänze

Ordnung Protura - Beintastler

Ordnung Collembola - Springschwänze

Ordnung Archaeognata - Felsenspringer

Ordnung Zygentoma – Fischchen (Silberfischchen)

Ordnung Ephemeroptera - Eintagsfliegen

Ordnung Odonata - Libellen

Ordnung Plecoptera- Stein- oder Uferfliegen

Ordnung Embioptera - Fuß- oder Tarsenspinner

Ordnung Dermaptera - Ohrwürmer

Ordnung Mantodea - Fangschrecken

Ordnung Blattodea - Schaben

Ordnung Isoptera - Termiten

Ordnung Phasmida - Gespenst- oder Stabschrecken

Ordnung Ensifera - Langfühlerschrecken

Ordnung Caelifera - Kurzfühlerschrecken

Ordnung Psocoptera - Staubläuse

Ordnung Mallophaga - Feder- oder Kieferläuse

Ordnung Anoplura - Echte Läuse

Ordnung Thysanoptera - Fransenflügler

Ordnung Heteroptera - Wanzen

Ordnung Homoptera - Gleichflügler

Ordnung Heteroptera - Wanzen

Ordnung Homoptera - Gleichflügler

Beispiel der taxonomischen Einordnung der Riesenholzwespe

HYMENOPTERA

UROCERUS GIGAS

RIESENHOLZWESPE

ORDNUNG

Hymenoptera (Hautflügler)

UNTERORDNUNG

Symphyta (Pflanzenwespen)

FAMILIE

Siricidae (Holzwespen)

GATTUNG

Urocerus

KÖRPERLÄNGE

♂ 12 - ♀ 40 mm

VERBREITUNG

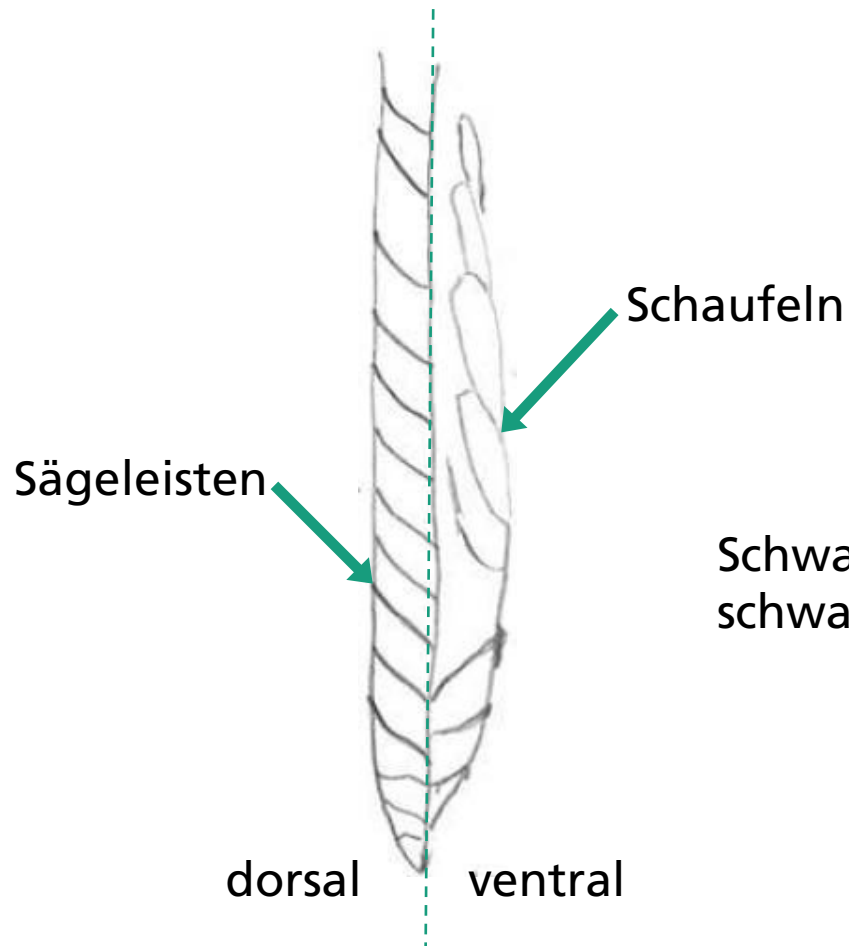
Nadelwälder Europas und gemäßigte
Zonen Asiens



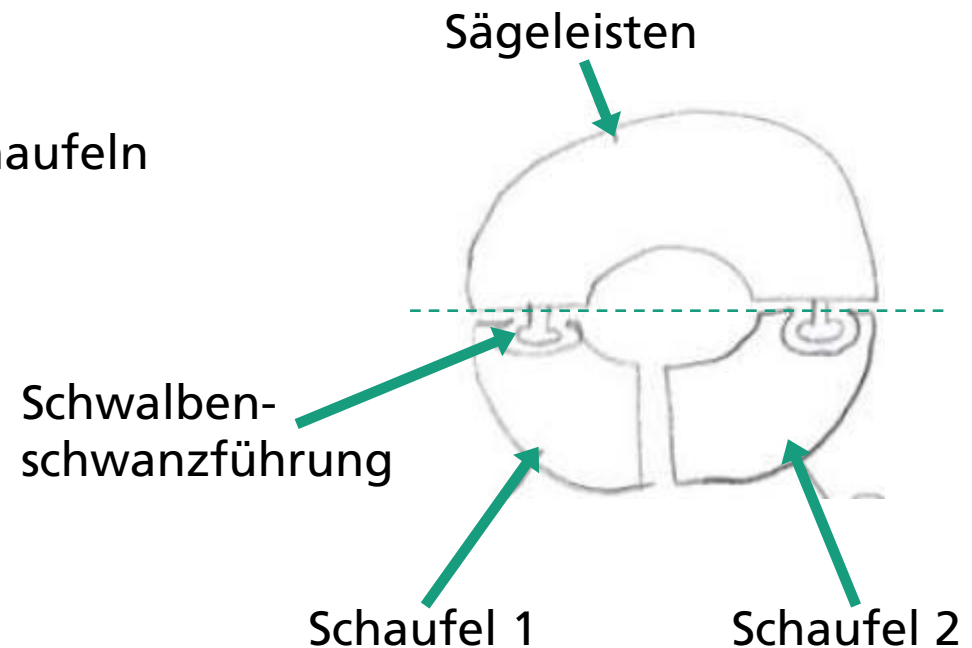
- 1. Sägescheide
- 2. Legebohrer

Funktionsprinzip und Aufbau des Stachels

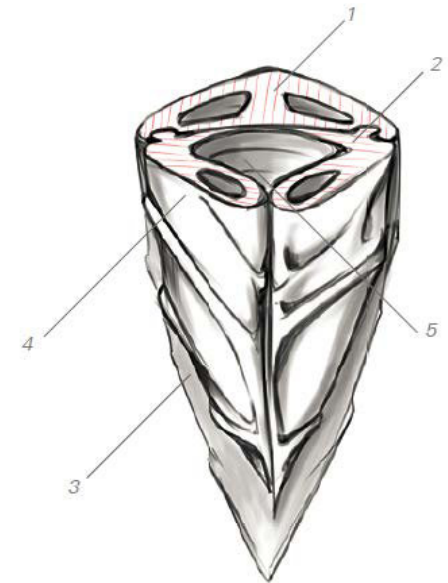
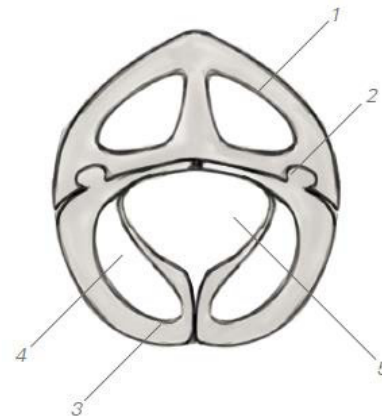
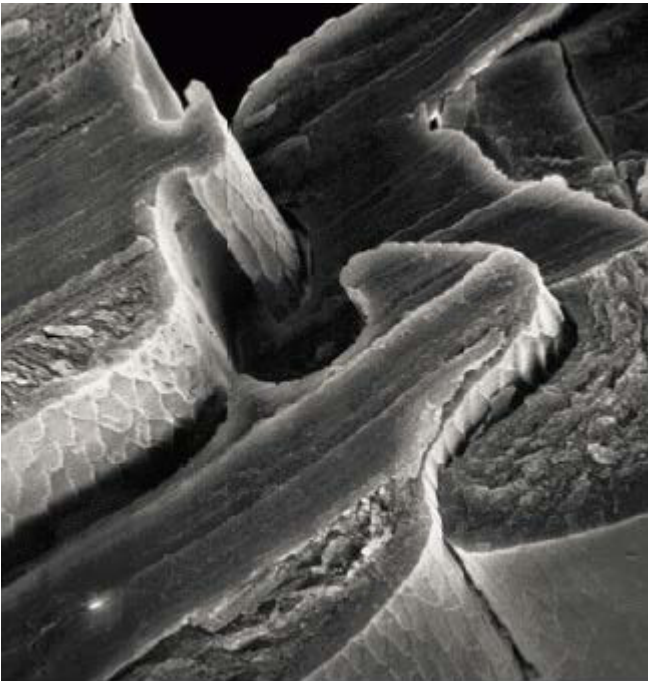
Seitenansicht:



Querschnitt:



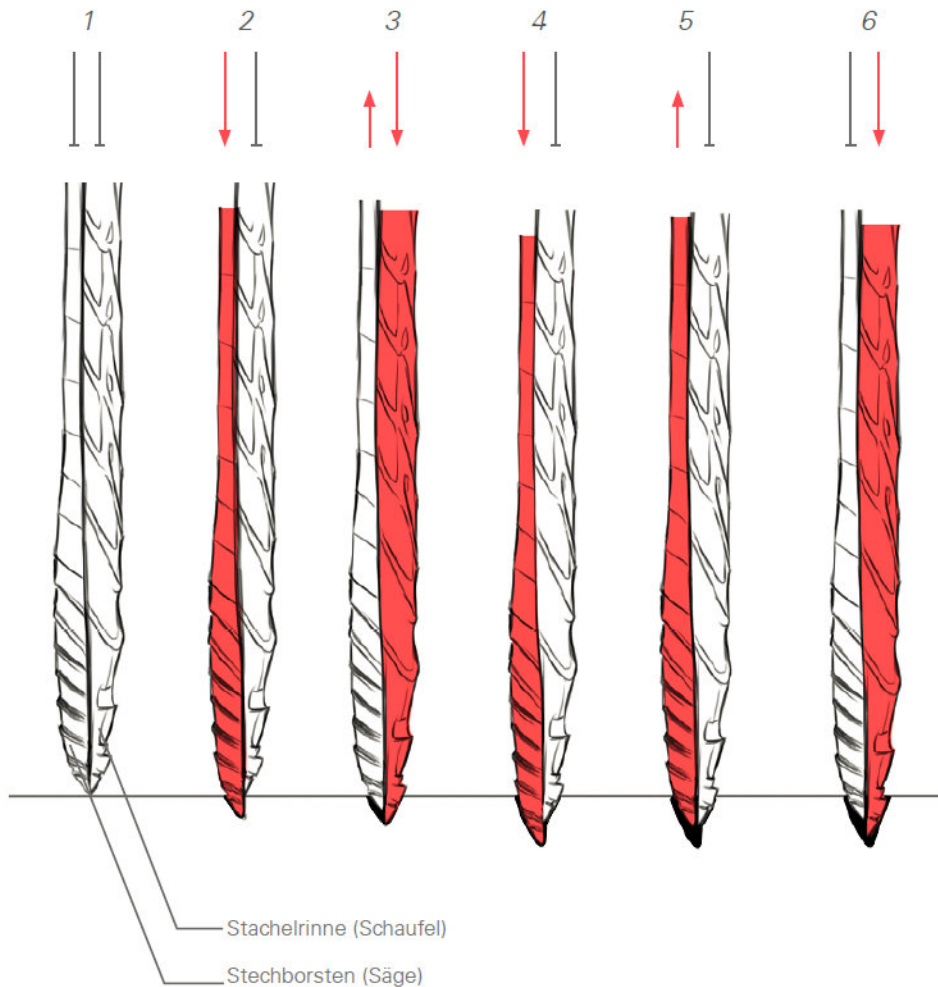
Schwalbenschwanzführung der Bohrerteile-



LÄNGSSCHNITT-DARSTELLUNG

- 1. Stachelrinne mit den beiden Kanälen
- 2. Gleitrippen für die Stechborsten
- 3. Stechborsten
- 4. Stechborsten-Kanälchen
- 5. Eiausführungsgang

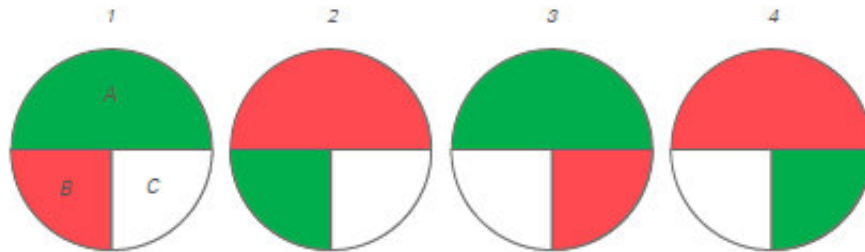
Ablauf des Bohrprozesses (1)



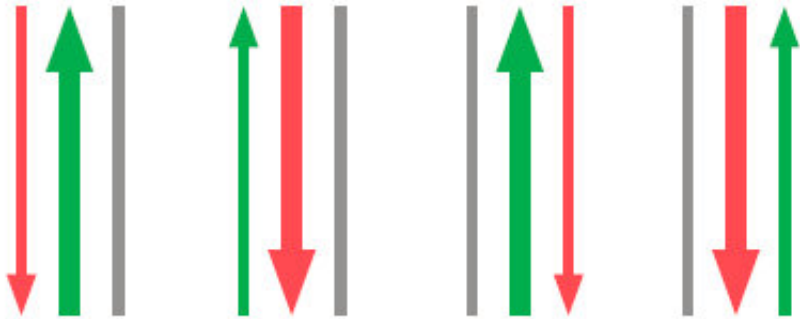
FUNKTION DER SCHAUFEL

Durch die Aufwärtsbewegung der Sägeleiten wird das Holz abgerieben. Die dabei entstehenden Holzspäne werden bei der Aufwärtsbewegung durch die Schaufeln nach oben bzw. nach außen befördert. So arbeitet sich der Bohrer immer tiefer in das Holz hinein.

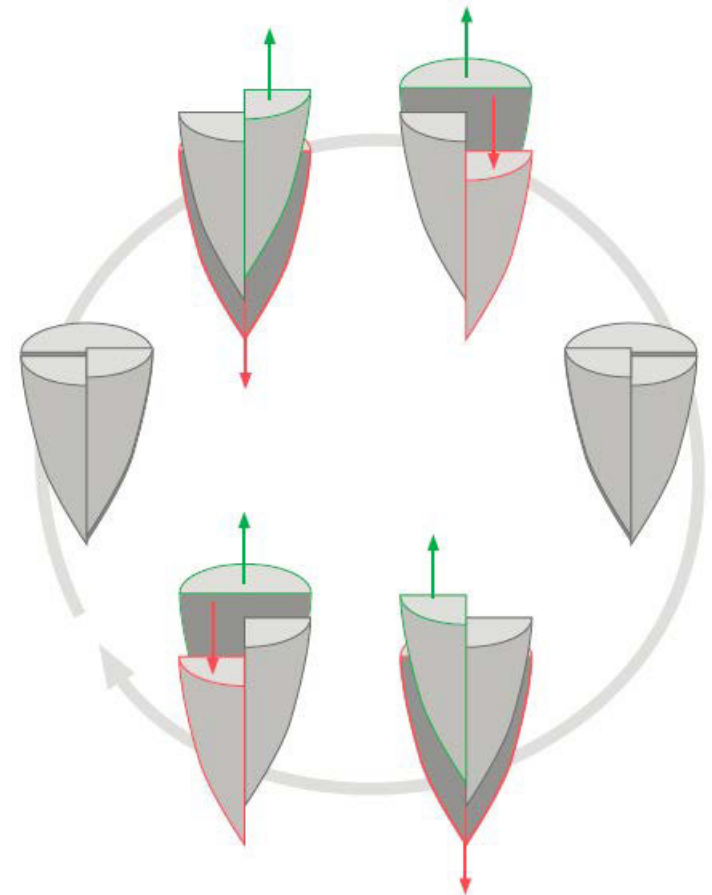
Ablauf des Bohrprozesses (2)



B A C



A = Stachelrinnen (Schaufeln)
 b = Stechborsten 1 (Säge)
 C = Stechborsten 2

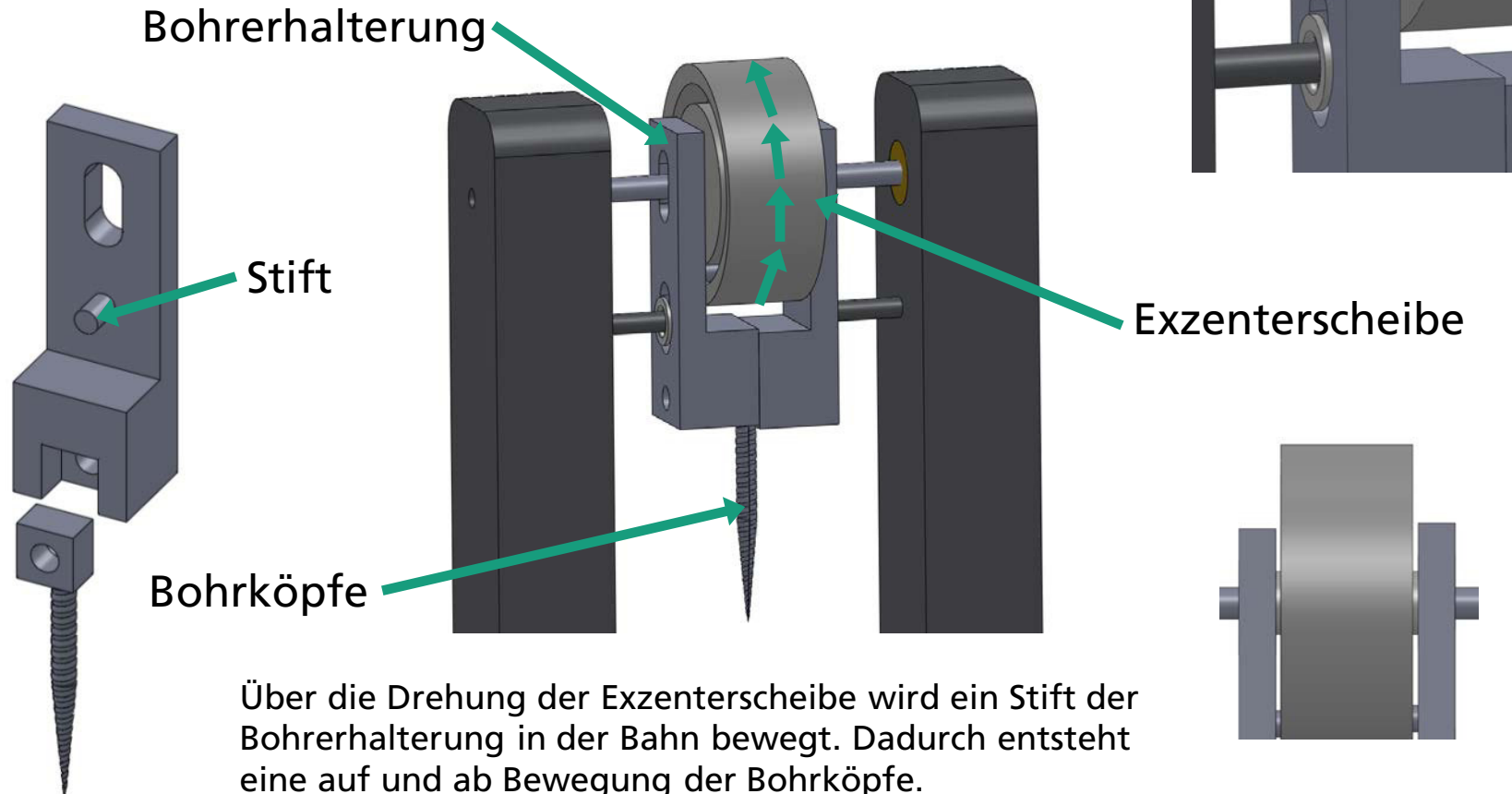


Anforderungen an die Konstruktion

- Der Bohrer muss durch eine vertikale Auf- und Abbewegung bohren können.
 - deshalb muss der Bohrer aus mindestens zwei Hälften bestehen.
- Der Aufbau muss absenkbar sein, um sich mit dem Bohrer mit zu bewegen.
 - deshalb muss eine Schienenführung zur Absenkung benutzt werden.
- Umdrehungszahlen von 600 -1500 Umdrehungen pro Minute sollten ansteuerbar sein.
- Möglichst leichte Auswechselbarkeit der Bohrköpfe.
- Kostengünstige Ausführung des Projekts.

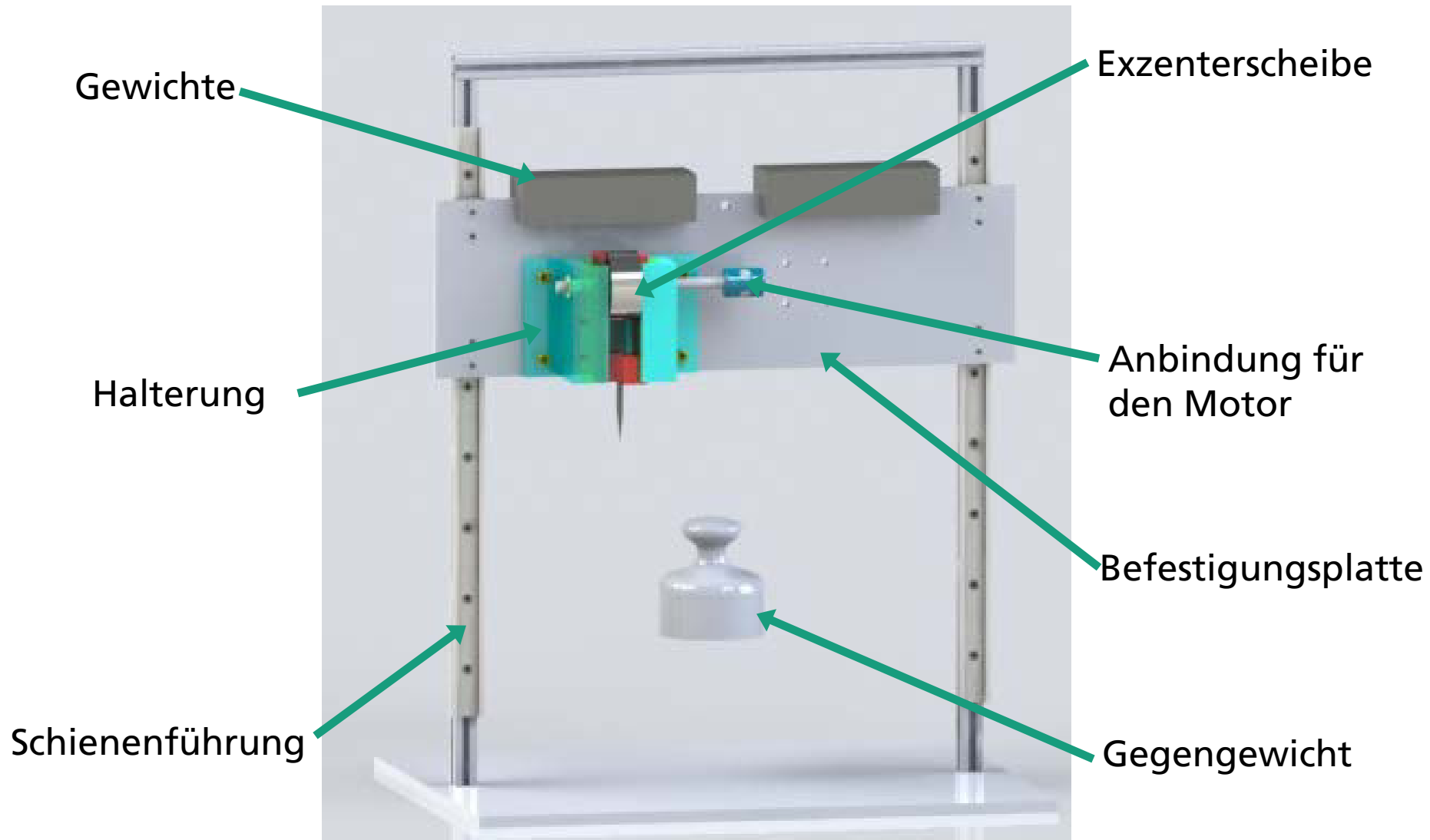
Konzepte

Antrieb über eine Exzentrerscheibe



Entwurf Luiz Fabre

Weiterentwicklung des Konzepts



Mechanische Umsetzung

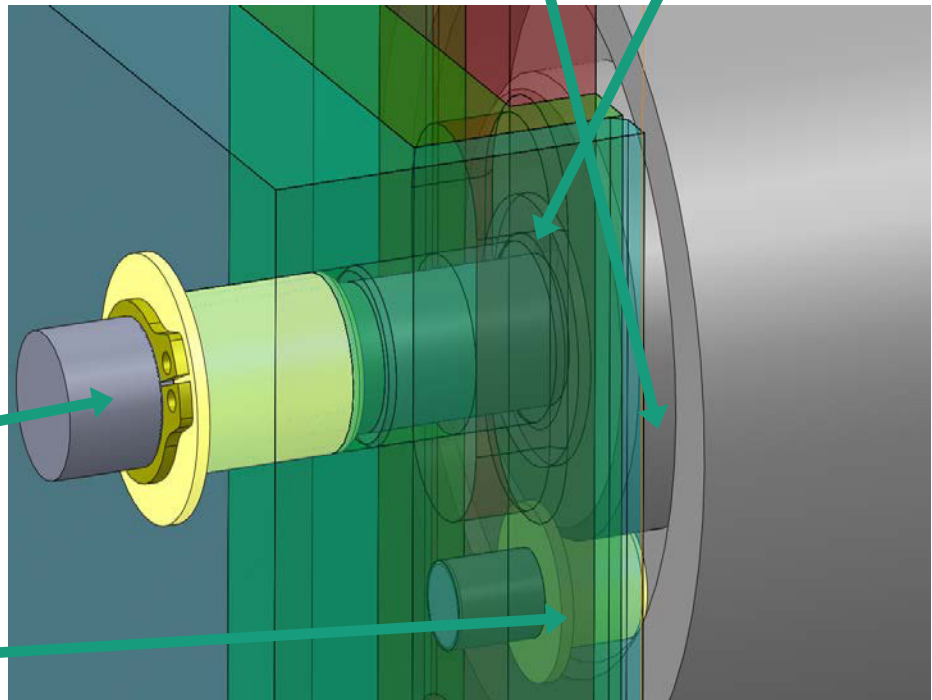
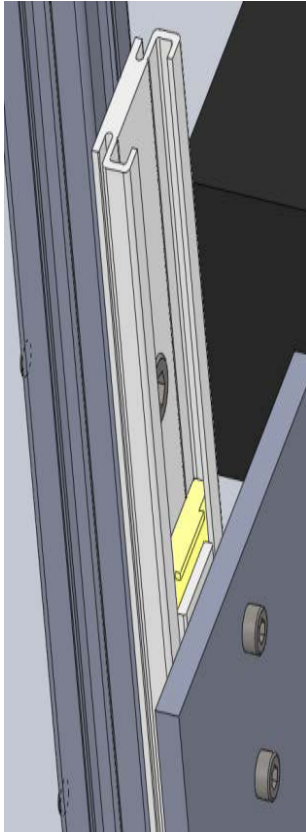
IGUS Schienenführungen um die auf und abwärts Bewegung zu realisieren.

Laufbahn in der Exzentrerscheibe

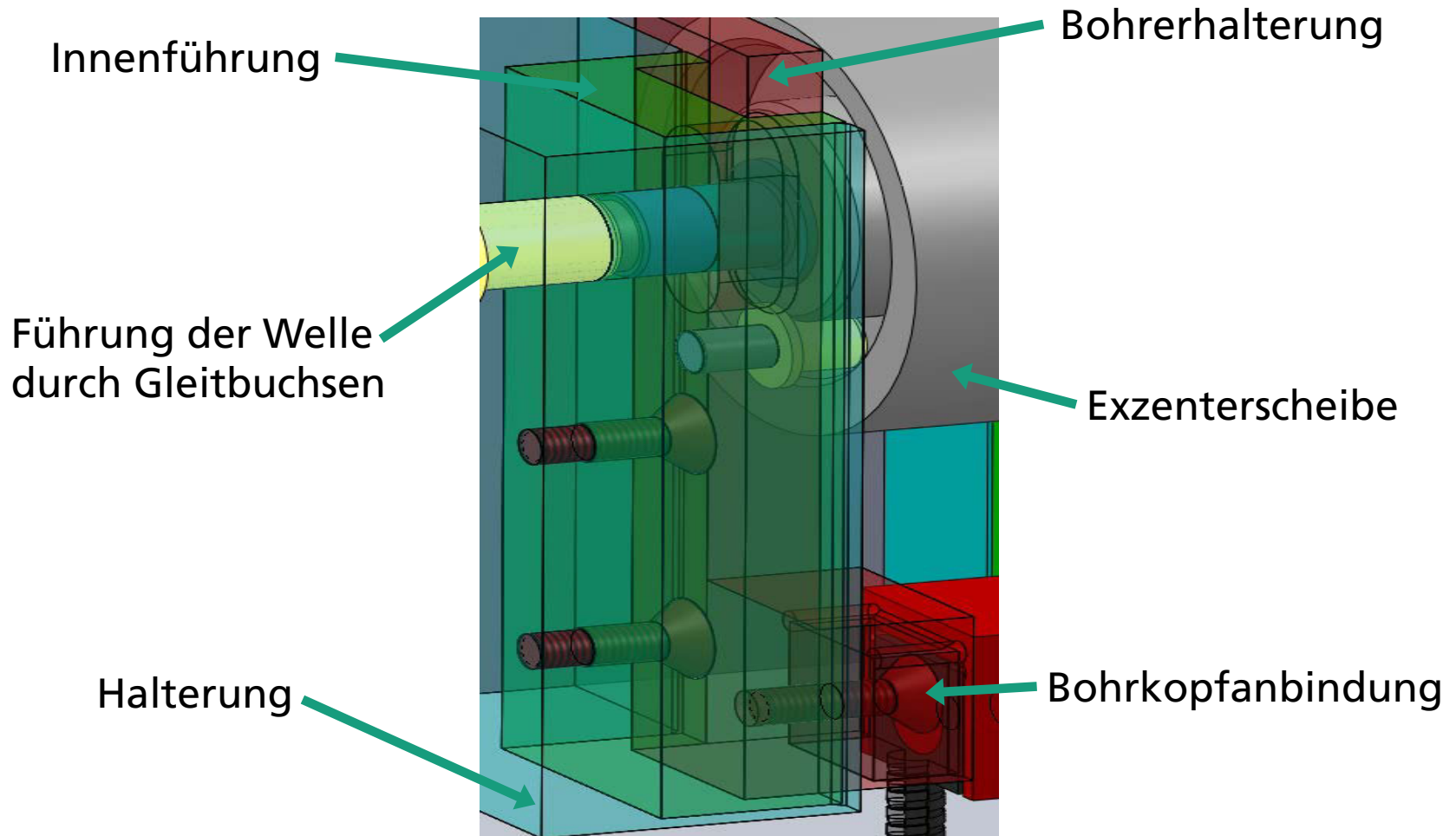
Passfeder

Welle

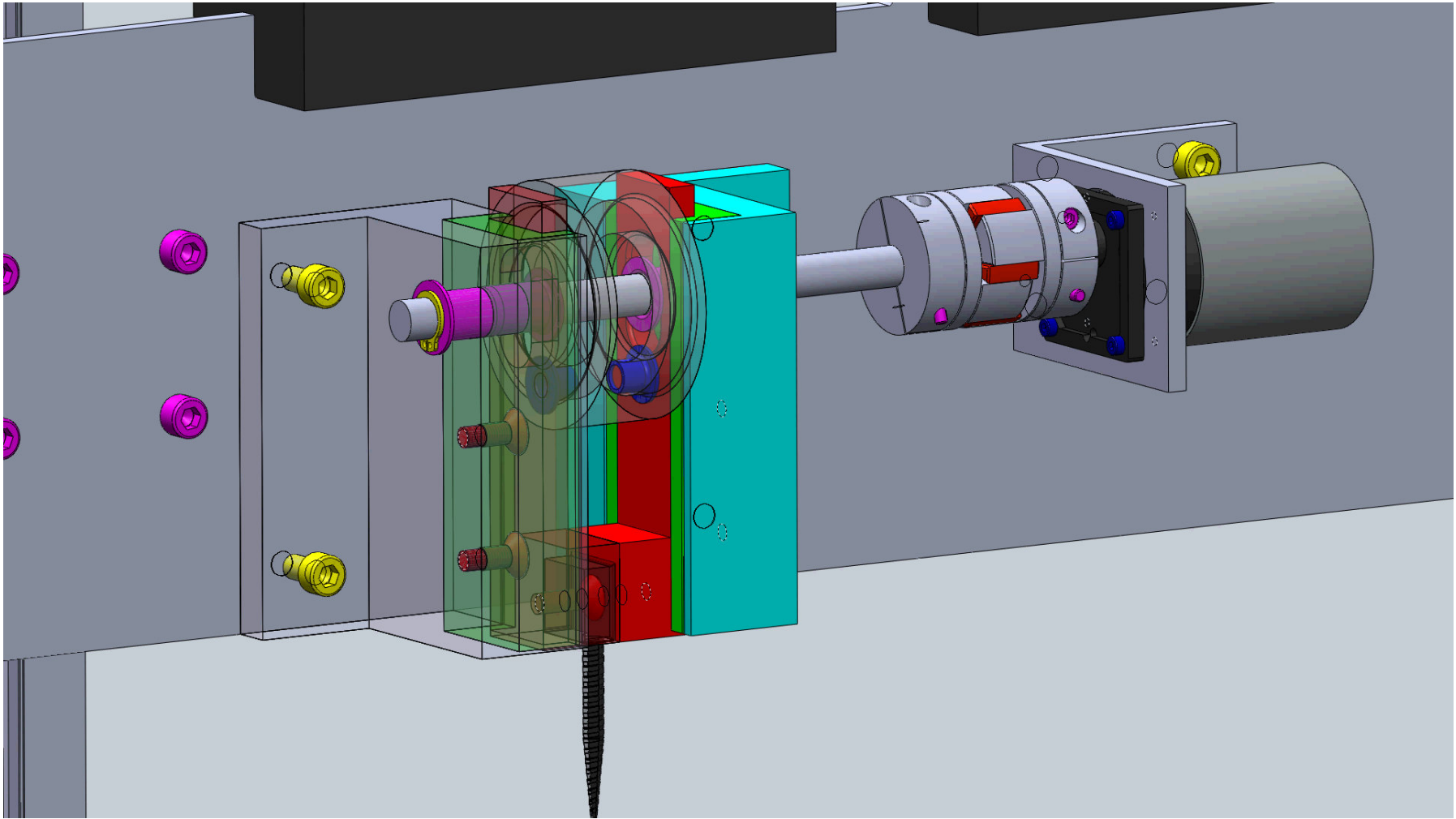
Gleitbuchse



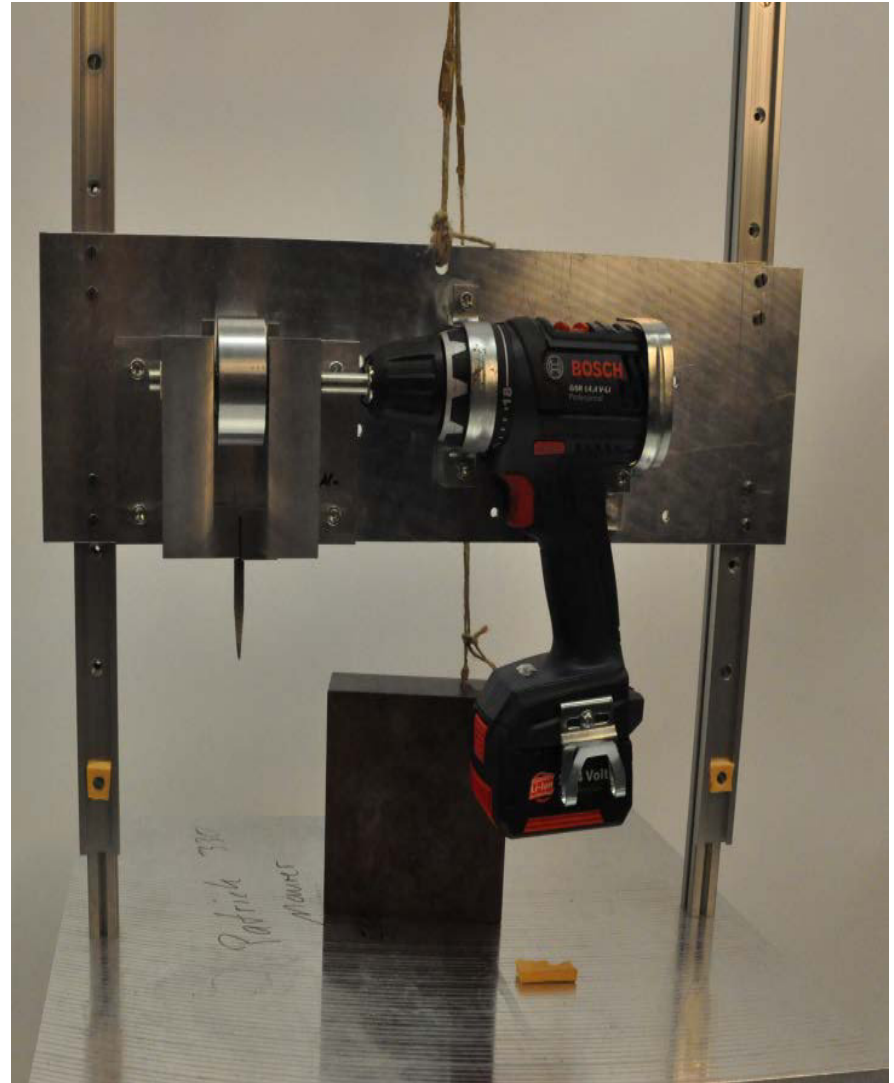
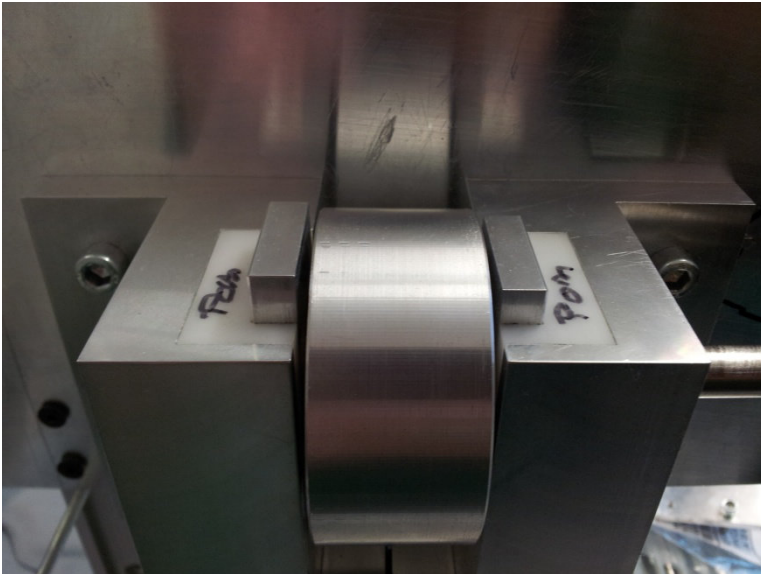
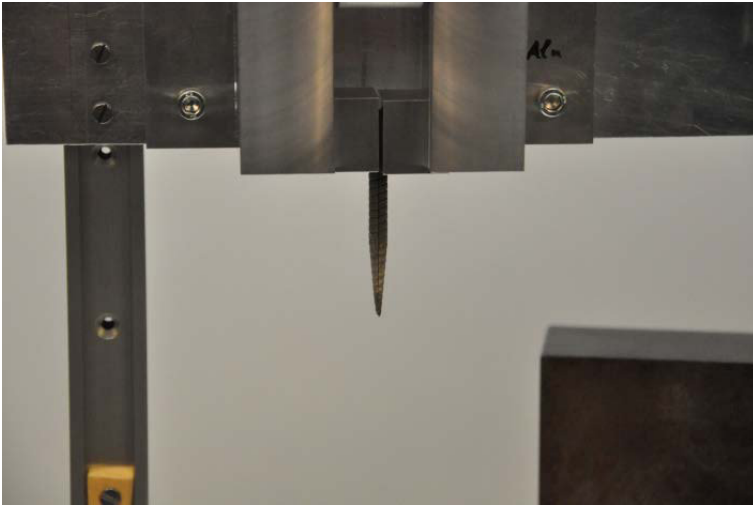
Mechanische Umsetzung



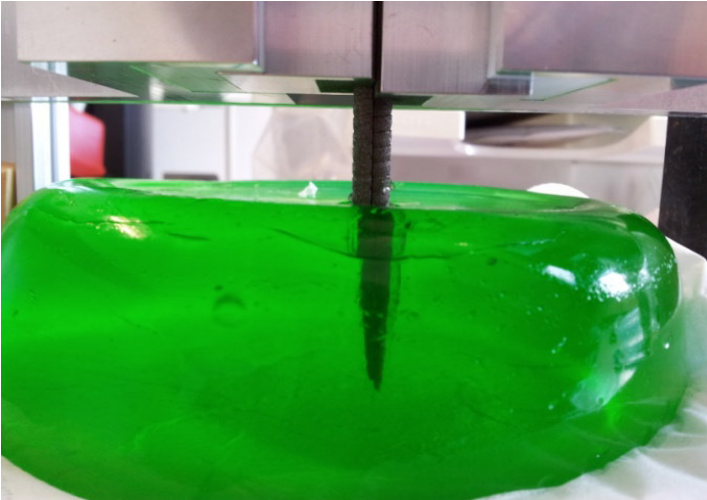
Video – Konstruktion mit Motor



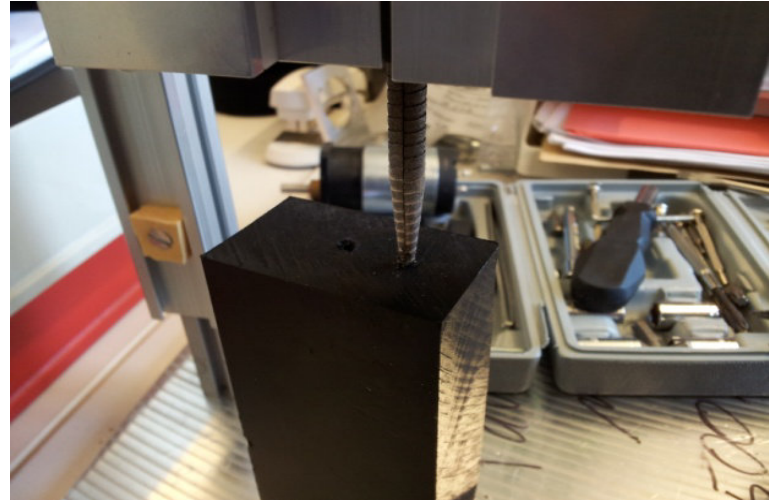
Bilder der fertigen Konstruktion des 1.Funktionsmusters



Bilder der Versuche



Test mit ballistischem Gel



Test mit Kunststoff



Test mit Holz

Testergebnisse:

→ Je weicher / spröder der getestete Stoff ist, desto besser funktioniert der Bohrer

→ Der Bohrer ist selbst für Knochen und Gewebe relativ gut geeignet.

Vergleich von Pendelhubbohrer und drehender Bohrer



WENIG AXIALKRAFT (DRUCK) ERFORDERLICH

Da sich der Bohrer selbst in das Loch „eingräbt“, benötigt man beim Bohren weniger Kraft.

WENIG HITZEENTWICKLUNG

Der Pendelhub-Bohrer arbeitet nur mit Auf- und Abbewegung bei relativ langsamer Arbeitsgeschwindigkeit. Verglichen mit einem Spiralbohrer könnte die Hitzeentwicklung geringer ausfallen.

VERSCHIEDENE LOCHFORMEN MÖGLICH

Durch den dreiteiligen Bohrer ist es möglich ein Loch mit einer anderen Geometrie als einem Kreis zu bohren.

KEIN DREHMOMENT AUF DEM WERKSTÜCK

Da sich der Bohrer nicht dreht, wird kein Drehmoment auf das Werkstück übertragen.

FLEXIBLES BOHREN MÖGLICH

Manche Schlupfwespenarten besitzen einen sehr flexiblen Ovipositor und können ihn über 90°, nur mit ihrer Muskelkraft, biegen.



(ZU) STARKE KONKURRENZ: SPIRALBOHRER

Das Prinzip des Spiralbohrers ist einfach und effizient. Beim Vergleich schneidet der Spiralbohrer meist besser ab als ein Pendelhubbohrer. Z.B. bei der Arbeitsgeschwindigkeit, Präzision, Leistung oder Flexibilität (viele modulare Aufsätze).

LANGSAME ARBEITSGESCHWINDIGKEIT

Die Arbeitsgeschwindigkeit wird langsamer sein als bei einem Spiralbohrer.

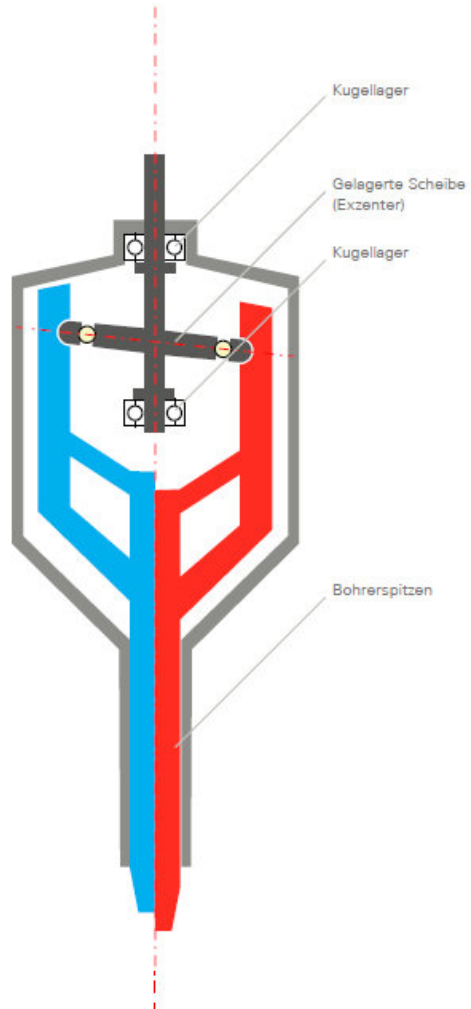
KOMPLIZIERTE BOHRERGEOMETRIE

Die Form des Ovipositors der Holzwespen ist sehr komplex. Dies könnte bei der Herstellung und Materialwahl einen Nachteil darstellen.

KOMPLIZIERTE MECHANIK

Da es sich um einen kleinen Bohrer mit drei Spitzen handelt, stellt die technische Umsetzung eine große Herausforderung dar.

Weitere Technische Verbesserung/Umsetzung des Pendelhubprinzips



Anpassung auf das Fräsen von Kavitäten im Obereschenkelknochen (Femur) für den Schaft von Hüftimplantaten

Außengeometrie

Die Außengeometrie der Raspel ist an eine zementfreie TEP (Langschaft-Modell: SPC-Schaft CCD 135°/14 in Größe 10) angepasst.

