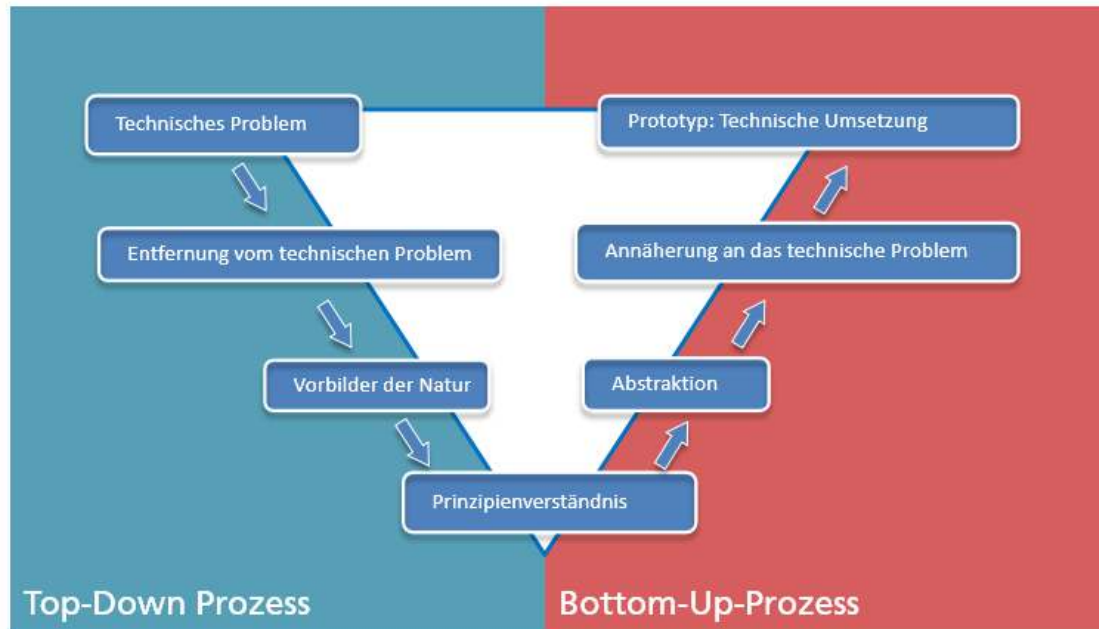


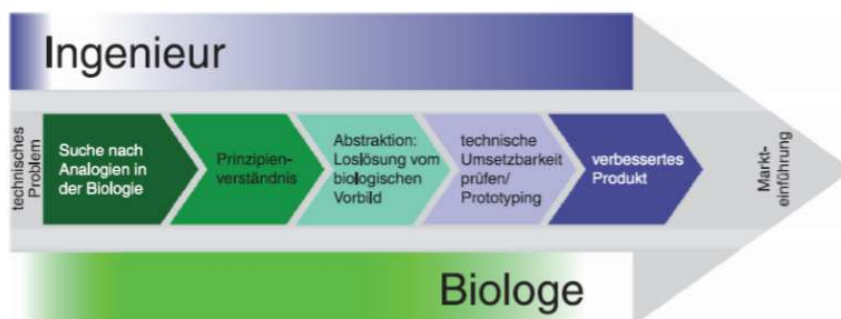
Zusammenfassung Bionik

Einführung – Bionischer Produktentstehungsprozess zur Erzeugung lastgerechter Leichtbaulösung

V-Modell XT



Technology Pull (Top-Down Prozess, nach VDI Richtlinie 6221)



- Technisches Problem untergliedern in Teilprobleme
- Entwicklung eines Modells mithilfe der bionischen Vorbilder
 - o Wahl eines Prinzips mithilfe eines Bewertungssystems → Morphologischer Kasten

Morphologischer Kasten:

- Eine der ältesten Kreativitätstechniken
- Ziel: Für Problem ein Ordnungssystem entwickeln und sinnvolle Lösungen finden und festhalten
- Auswahl mithilfe eines Bewertungssystems (Skala von 1-4; 4 bester Lösungsansatz)

Beispiel Babyschale:

Biologische Vorbilder

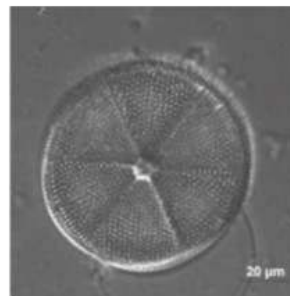


Stabilitätsvorbilder:

Diatomeen als exzellente Vorbilder – Schale in Leichtbauweise um:

- Nicht in dunklen Schichten des Meeres abzusinken
- Genug Licht für Photosynthese zu bekommen
- So wenig Energie wie möglich aufzuwenden

- 100 000 Arten
- Artendifferenzierung:
 - o Genetische Faktoren
 - o Umweltfaktoren
 - o System-immanente Faktoren
- Kraft auf Panzer mehr als 100 t/m^2
- Kräfte auf Zellen $155\text{-}680 \text{ N/mm}^2$
- Grundstruktur zentrisch oder schiffchenförmig
- Einteilung:
 - o Morphologisch:
 - Hypotheca & Epitheca
 - Rippen, Septen, Raphen
 - Kammern & Derivate
 - Foramen
 - Areola
 - Cribrum
 - Cribellum
 - o Nach Schalenmorphogenese



Centrales

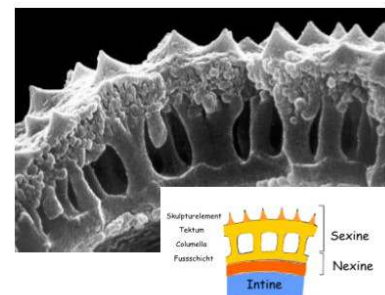


Pennales



Pollenkörner:

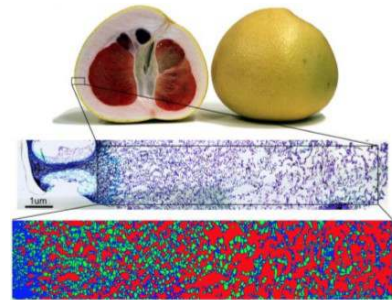
- Äquivalent zu Diatomeen in der Luft
- Pflanzen produzieren große Mengen hochenergetischer Pollen
- Extrem stabil → paläontologisch sicher zu identifizieren



Dämpfungsvorbilder:

Prinzip der Sandwichstruktur:

- Schwammartiger bzw. Schaumartiger Kern
 - o Beispiel Pomelo:
 - Leichtbau, Dämpfung und Stabilität integriert
 - Robuste Exokarp
 - Energieabsorbierendes Mesokarp
 - Durchstoßresistentes Endokarp
- Wabenförmiger Kern
- Kern als Stabwerk – Beispiel Knochen
- Materialschichtung
 - o Beispiel Panzer:
 - Panzer soll schützen und gute Beweglichkeit ermöglichen
 - Faserverbundstoffe aus Chitin und Ceratin von der Natur entwickelt



Vorteile:

- Erhöhtes Flächenmoment
- Gleichmäßige Spannungsverteilung
- Erhöhte Schubfestigkeit
- Erhöhte Formbeständigkeit
- Niedrigeres Raumgewicht
- Erhöhte Schwingungsdämpfung
- Erhöhte Wärmeisolierung

Früchte und Fruchtschalen:

- Schutz vor dem Herunterfallen aus großen Höhen
- Schutz vor dem Zerkaut werden durch Räuber
- Schutz vor Hitze, Kälte und Regen

IPA Bionik-Methodenübersicht:

1. Schritt: Lastenheft erstellen
2. Schritt: Screening nach Leichtbauprinzipien
3. Entwicklung von Bauteilentwürfen
4. Optimierung und Bewertung der Entwürfe
5. Funktionsmustersaufbau und mechanische Testung

	Struktur- & Leichtbau-Datenbank	Funktionale Ähnlichkeits-suche	NDS-Modell (Natural Design Space)	Bionische Flächen- & Volumen-versteifungen	Topologie-Optimierung (SKO)	Marketing-Paket (Präsentationen, Broschüren, etc.)
Topologie-Optimierung (SKO*)	Natur-Screening (Transfer von Leichtbaulösungen aus der Natur auf bionische Bauteile)		Adaption der bionischen Entwürfe (Parameter-Optimierung, DoE**, Sensitivitätsanalyse, Evolutions-Algorithmen, etc.)		Topographie-Optimierung (Sicken- & Kerb-Spannungen)	Funktionsmuster (Demonstrator, RP-Modell***, etc.)
Lastenheft und techn. Spezifikationen (Bauraum, Herstellungsverfahren, Lagerungen, Lastfälle, Material, etc.)		CAD-Modell (parametrischer Bauteilentwurf Mittels CAD-Software)		FEM-Strukturanalyse (Analyse des Referenzbauteils & der entwickelten Konzeptvarianten)		CAD-Modell (fertigungsgerecht)

Die Evolution des Lebens

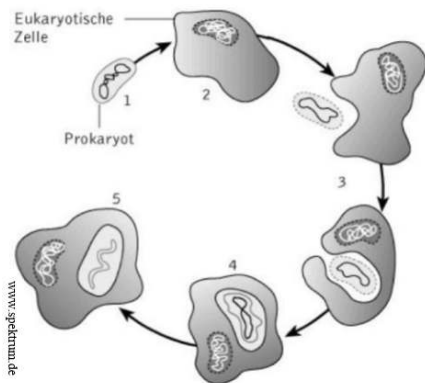
Das Hadaikum:

- Entstehung der Erde vor 4,6 Mrd.
- Atmosphäre aus Gasgemisch aus Kohlenstoffmonoxid, Stickstoff, Methan, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff, Ammoniak, Wasserdampf und Spuren von Sauerstoff und Ozon

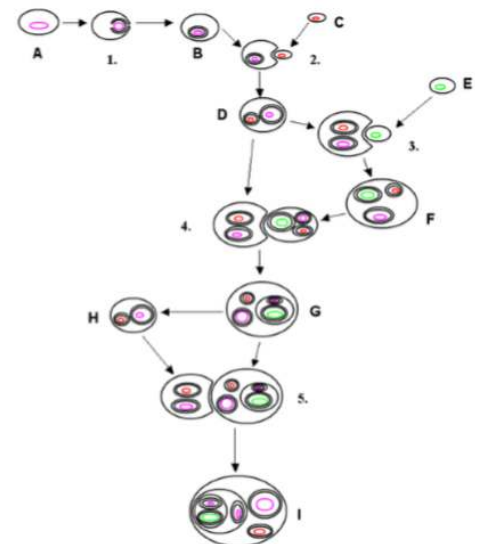
Das Archaikum (4-2,5 Mrd.):

- Entstehung des ersten Lebens
- Entstehen von spiralförmigen Molekülen, die sich schneller kopieren können als das es zerstört wurde
- Moleküle, die Sonnenlicht als Energieressource nutzen:
 - o Stromatoliten: biogene Gesteinsformationen und winzige Pflanzen
- Erste Feinde: primitive einzellige Lebewesen z.B. Amöben, die einfache Pflanzen fraßen
- Am Ende des Archaikums erster Sauerstoff in der Atmosphäre
- Entstehung der ersten Bakterien im Meer
- Entwicklungsschub:
 - o Als sich gleiche Zellen zusammenschließen
 - o Zelldifferenzierung → Bsp. Quallen: Zellen für Fortbewegung, Fortpflanzung und Nahrungsaufnahme

Endosymbiontentheorie: Einzellige Lebewesen nehmen ein anderes einzelliges Lebewesen auf und wurde zu Bestandteilen der Zelle eines so entstandenen höheren Lebewesens. Entstehung von komplexeren Lebewesen.



- Aufnahme eines aeroben Prokaryoten durch Phagocytose
- Keine intrazelluläre Verdauung durch den Eukaryoten
- Prokaryot übernimmt Stoffwechselaufgaben der Wirtszelle
- Teilweise Verlagerung der DNA in den Zellkern („semiautonome Zellorganelle“)



Schematische Darstellung der Endosymbiontentheorie (**schwarz:** Zell- oder Organellmembran; **rosa:** eukaryotische DNA; **grün:** cyanobakterielle DNA; **rot:** proteobakterielle oder mitochondriale DNA)

Wissenschaftliche Hinweise, dass Endosymbiontentheorie stimmt:

- Doppelmembran: Innenmembran prokaryotisch, Außenmembran eukaryotisch
- Zweiteilung: Plastiden/Mitochondrien können nicht de novo synthetisiert werden
- DNA-Sequenz: Ähnlichkeit von mitochondrialer DNA zu prokaryotischer DNA.
- Süßwasserpolyphosphat

Autosomentheorie/Kompartimentierungshypothese: Plasmide wurden durch Membraneinstülpungen gegen Zytoplasma abgegrenzt. Atmungs- und Photosynthesenzyme der Membran wurden mit einbezogen → Entstehung von Mitochondrien/Plastiden

➔ Theorie als unwahrscheinlich angesehen bzw. durch Sequenzierung widerlegt

Das Paläozoikum (Erdaltertum):

- Zusammenfassung von Perm, Karbon, Devon, Silur, Ordovizium, Kambrium
- Zeitspanne von 540 Mio. Jahren (vor 252-542 Mio.)

Das Kambrium (vor 542-488 Mio. J):

- Selbstverteidigung wurde überlebenswichtig → Panzer, Stacheln, harte Schalen
- Kambrische Formenvielfalt → Erste harte Skelette und Schalen
- Meere von gepanzerten Krustentiere dominiert (100 Mio. Jahre lang)

Das Ordovizium (vor 488-443 Mio. J):

- Große Entwicklung der Kopffüßer → 100 Mio. Jahren unangefochtene erfolgreiche Räuber, bis ein unbekannter Räuber die Schale knacken konnte
- Ende des Ordoviziums: Massenaussterben der tropischen Meeresfauna

Das Silur (vor 443-416 Mio. J):

- Erste Riffe aus Korallen, Stromatoporen und Kalkalgen bilden sich
- Erste Landpflanzen aus primitiven Algen breiten sich in küstennahen Überflutungsgebieten aus (Urfauna)
- Urpflanzen bereiten den Boden für Landgang der Amphibien vor
- Das erste Leben verließ vor 450 Mio. Jahren das Wasser → Pfeilschwanzkrebse (Verwandte von Spinnen); kommen zur Paarung an Land, leben aber noch im Wasser

Das Devon (vor 416-359 Mio. J):

- Zeitalter der Fische und Besiedlung des Landes durch Tiere und Pflanzen
- Unterscheidung zwischen Panzerfische, Knorpelfische, Knochenfische
- Noch keine großen Pflanzenfresser → ausbreiten von großen Wäldern (Moose, Urfarne, Bärlappgewächse und Vorläufer der Nadelgewächse sind zu finden)
- Tausendfüßler, Skorpione und Spinnen entwickeln sich und sind dauerhaft landlebend
- Ende des Devon: erste Amphibien in Sümpfen

Das Karbon (vor 359-299 Mio. J):

- Erste Reptilien treten auf → typischer Vertreter: Panzerlurche
- Bärlappgewächse, Schachtelhalme und Farne entstehen
- Durch Photosynthese stieg der Sauerstoffgehalt auf 35% → begünstigte Riesenwuchs von Insekten, Spinnentiere und andere

Gründe für Riesenwuchs:

- Riesenlibelle mit ca. 60 cm Flügelspannweite → größtes bekanntes Insekt
- Später wurden Lufte durch Flugsaurier gefährlicher
- Höherer Sauerstoffgehalt → 35%
- Sauerstoff vermindert zum Oberperm (nur noch 12-15%) → größtes Massenaussterben vor 252 Mio. Jahren - 75% aller Landtierarten und 90% aller Meerestierarten
- Massenaussterben vermutlich durch Vulkanausbruch, die über Treibhauseffekt zur Klimaerwärmung führte → gefrorenes Methanhydrat am Meeresboden wurde freigesetzt und verbrauchte atmosphärischen Sauerstoff

Das Perm (vor 299-251 Mio. J):

- Reptilien sind dominierende Gruppe und entwickelten sich aus Amphibien
- Besetzen trockene Orte
- Erste Koniferen (Nadelhölzer) erscheinen; Ginkgo-Pflanzen entstehen
- Samenpflanzen setzen sich gegen Sporenpflanzen durch

- Beim Massenaussterben am Ende des Perm bleiben Landpflanzen verschont

Das Mesozoikum (Erdmittelalter):

- Zusammenfassung von Trias, Jura und Kreide (251-65 Mio.)
- Zeit der großen Dinosaurier
- Charakteristische Meerestiere: Ammoniten und Belemniten
- Meteoriteneinschlag verdunkelt die Erde: Sterben von Dinosaurier und Ammoniten

Die Trias (vor 255-200 Mio. J):

- Fauna: erste Dinosaurier, Muscheln, Brachiopoden, Ammoniten und Seelilien
- Flora: Palmfarne, Koniferen, Ginkgo-Gewächse, Farnkräuter
- Klima war heiß und trocken

Das Jura (vor 200-145 Mio. J):

- Vielfältige Krebs- und Fischwelt
- Erste Vögel, aber Flugsaurier beherrschen noch die Lüfte
- Vorfahren der Krokodile entwickeln längere und kräftigere Beine → Fortschritt, der große Vielfältigkeit ermöglicht

Die Kreide (145-65 Mio. J):

- Welt der Ammoniten und Dinosaurier lebt auf
- Erste Blütenpflanzen dominieren die Erde → ökologische Zusammenhänge verändern sich:
 - o Nahrungskette mit Insekten, Vögeln und kleinen Säugetieren entstand
 - o Beeinflusste die Evolution → riesige Anzahl verschiedener Spezies entstand
- Ende der Kreidezeit: 50% aller Spezies und 80-90% mariner Arten starben aus

Das Neozoikum:

- Zusammenfassung von Tertiär (Neogen/Paläogen) und Quartär
- Landleben von Blütenpflanzen, Vögeln und Säugetieren dominiert

Das Tertiär (65-2,5 Mio. J):

- Paarhufer und Unpaarhufer beherrschen die Ära
- Gegen Ende seit 5 Mio. Jahren entwickelt sich der Mensch
- Gräser entstehen neu

Exklusivmerkmale der Säugetiere:

- 3 Gehörknöchelchen
- Säugen der Jungtiere mit Milch
- Zwerchfell
- Henlesche Schleifen in der Niere
- Säugetiere und Vögel besitzen doppelten Blutkreislauf, Lungen- und Körperkreislauf
- Herz in 4 Kammern, 2 Vorhöfen und 2 Hauptkammern unterteilt

Das Quartär (2,5 Mio. – heute):

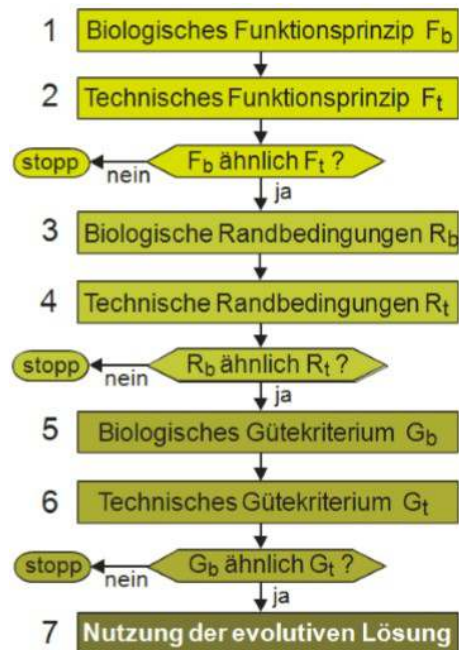
- Zeitalter der Eiszeiten
- Säugetiere wie Mammut und Säbelzahn tiger starben aus
- Bedeutendste biologische Entwicklung: Auftreten der Art Homo
- Homo sapiens entwickelten sich im mittleren Pleistozän vor 400 000 Jahren

Die sieben Denkschritte der Bionik

Biologische Lösung sinnvoll in die Technik übertragbar, wenn:

Funktionsprinzip, Randbedingung und Gütekriterien in Biologie und Technik ähnlich sind

Schlechte Vorgehensweise



Kennzeichen der Lebewesen

Grundlegende Eigenschaften aller Lebewesen

- Zelluläre Organisation
- Wachstum, Entwicklung, Stoffwechsel, Homöostase, hohe Komplexität
- Reizbarkeit und Kommunikation
- Eigenständige Fortpflanzung und Vererbung
- Bewegung
- Evolvierbarkeit

Zelluläre Organisation:

- Zelle ist kleinste Einheit der Lebewesen
- Alle Lebewesen bestehen aus Zellen
- Zellen entstehen nur aus Zellen – Zellen sind membrangebunden
- Viren sind keine Lebewesen

Struktur und Funktion:

- Struktur und Funktion hängen von wechselseitiger Kausalität zusammen
- Höhere Organisationsstufen auf niedrigere zurückführen basierend auf Gesetzmäßigkeiten von Chemie und Physik
- Höhere Organisationsformen unterliegen ihren komplexen Funktionen gegenüber niedriger Organisationsformen neue Gesetzmäßigkeiten
- Determiniertheit / Vorherberechenbarkeit existiert nicht

Wachstum, Stoffwechsel und Homöostase:

- Lebewesen verbrauchen Energie, um zu wachsen und sich zu vermehren
→ zugrundeliegende biochemischer Prozess ist Stoffwechsel
- Lebewesen als Systeme zeigen dynamische Gleichgewichtszustände
- Grüne Lebewesen: nutzen Photosynthese und Sonnenenergie um kovalente C-C-Bindungen aufzubauen. Charakteristische Makromoleküle: Nukleinsäuren, Proteine, Kohlenhydrate und Lipide

- Innere Bedingungen konstant, unterscheiden sich von Umgebung z.B. Temp, Wassergehalt, osmotische Bedingungen. Regulationssystem mit vielfältigen Rückkopplungen.

Reizbarkeit und Kommunikation:

- Organismen reagieren auf äußere und innere Reize und kommunizieren
- Wichtigste Grundlage: Erregbarkeit der Zellmembran

Fortpflanzung:

- Merkmale werden von Generation zu Generation vererbt
- Sexuelle oder asexuelle Fortpflanzung

Entwicklung:

- Bei sexuelle Fortpflanzung werden über Meiose Gameten gebildet, die sich befruchten.
- Befruchtete Eizellen entwickeln sich über Larvenstadien geschlechtsreife Individuen
- Die Entwicklung (Ontogenese) der Embryonen durch interne Faktoren reguliert
- Zugrunde liegen differentielle Genaktivierung und interzelluläre Kommunikation

Bewegung:

- Lebewesen bewegen sich um Nahrung, Schutz und Sexualpartner zu finden
- Zellen bewegen sich
- In der Zelle bewegen sich Organellen und Moleküle

Evolvierbarkeit:

- Seit Entstehung findet Diversifizierung und Höherentwicklung des Lebens statt
- Anpassung ermöglicht Besetzung verschiedenster Nischen
- Leben auf Erde ist monophyletisch, alle Lebewesen haben einen gemeinsamen Ursprung

Lebewesen:

- = organisierte genetische Einheiten, die zu Stoffwechsel, Fortpflanzung und Evolution befähigt sind
- Zelluläre Organisation
- Energieaustausch mit Umgebung
- Stoffaustausch mit Umgebung
- Stoffwechsel
- Informationsaustausch
- Reaktionen auf Reize, Bewegung
- Wachstum (Volumenzunahme, Zellteilung)
- Fortpflanzung, Vermehrung und Vererbung
- Evolution

Teilgebiete der Biologie:

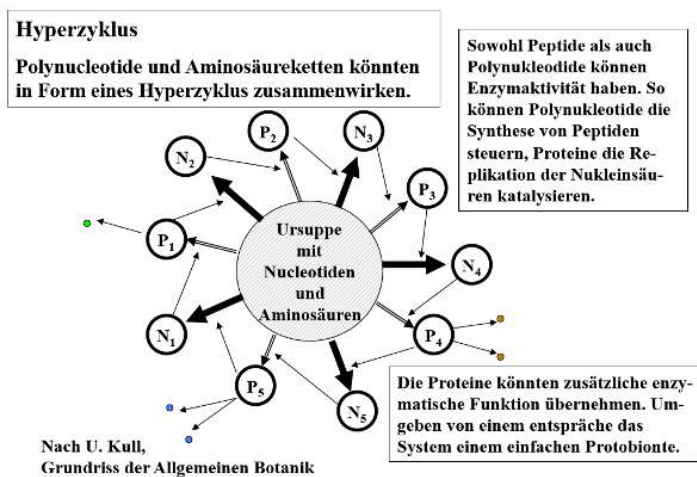
Nach Organisationsstufe:	Zelle, Organismus, Population
Nach Struktur und Funktion:	Zellbiologie, Genetik, Physiologie
Nach Organismen:	Botanik, Mikrobiologie, Zoologie (Protozoologie)

Übergeordnete Sichtweisen und Anwendung:

Parasitologie, Umweltbiologie, Systembiologie, Biotechnologie, Nanobiotechnologie

Entstehung des Lebens auf der Erde:

- Leben aus Erde aus unbelebter Materie spontan
- Auf frühen Stufen entstanden organische Moleküle
- Bildung von zellähnlichen Kompartimenten durch Evolution von größeren Molekülen und Makromolekülen wie Proteine und Nukleinsäuren erleichtert
- 1930 Alexander Oparin: Leben entstand im frühen sauerstofffreien und reduzierenden Atmosphäre
- Bildung von Blasen-ähnlicher „Protobionten“, entstanden als Koazervate, erleichtert frühe, vorbiologische Evolution zu organische Moleküle
- 1953 S. Miller und H. Urey: Bedingung einer reduzierten Atmosphäre: einfache Kohlenstoffverbindungen entstanden: Formaldehyd, Ameisensäure, Harnstoff und Aminosäuren
- Vorstufen von Lebewesen: Fähigkeit zur Selbstvermehrung, zum Stoffwechsel und Mutabilität
- Hyperzyklus: Polynucleotide und Aminosäureketten könnten in Form eines Hyperzyklus zusammenwirken



Stammbaum der Lebewesen:

- Eindeutige Abstammungsverhältnisse schwer festzustellen

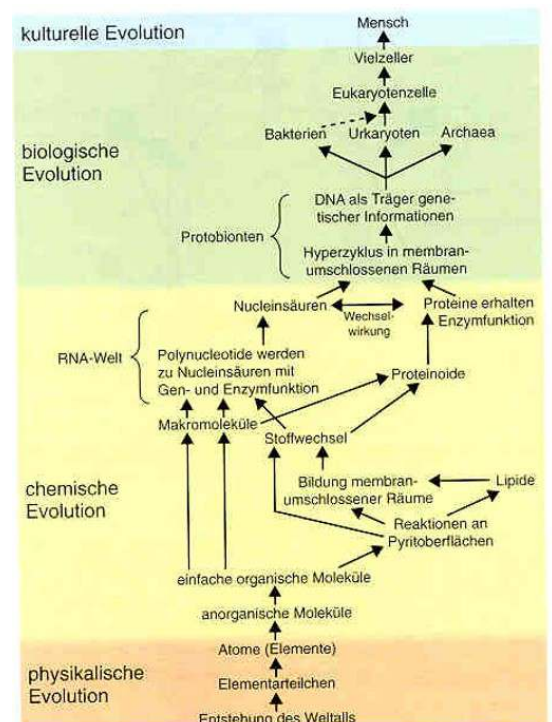
Ordnung im System der Organismen = Stammbaum:

- Systematik: Klassifikation und Gruppierung von Lebewesen anhand definierter Merkmale, Anordnung in hierarchischen System
- Phylogenetik: Rekonstruktion der Evolution der Lebewesen im Verlauf der Erdgeschichte
- Taxonomie: Beschreibung, Benennung und Anordnung von Organismen
- Taxon: Bezeichnung einer Gruppe in einer Klassifikation

- Beispiel Eichhörnchen:

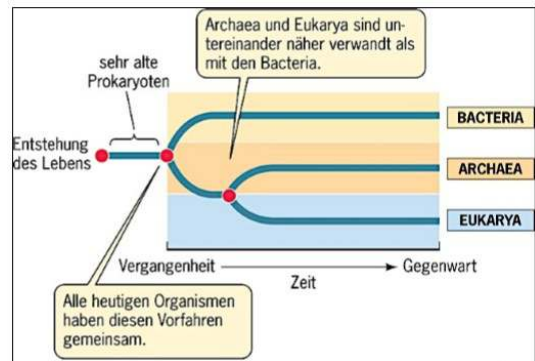
o Reich

Tierreich



- Stamm Chordatiere (Chordata)
- Klasse Säugetiere (Mammalia)
- Ordnung Nagetiere (Rodentia)
- Familie Hörnchen (Sciuridae)
- Gattung (Genus) Sciurus
- Art Sciurus vulgaris

- Drei Domänen
- Gemeinsamer Vorfahre (LUCA = last universal common ancestor):
 - war prokaryotisch
 - genetisches Material war DANN
 - Transkriptionsmaschinerie macht RNA bzw. Proteine
 - Ringförmiges Chromosom
 - Strukturgene als Operons
 - Vorfahre war nicht primitiv



- Domäne Eukaryoten
- Reich Vielzellige Tiere (Metazoe)
- Abteilung Gewebetiere
- Unterabteilung Zweiseitentiere
- Stammgruppe Urmünder
- Überstamm Lophotrochozoen
- Stamm Ringelwürmer
- Überstamm Häutungstiere
- Stamm Gliederfüße (u.a. mit Spinnentieren und Insekten)
- Stammgruppe Neumünder
- Stamm Chordatiere (u.a. Wirbeltiere)

Organisationsformen und Lebensstrategien von Prokaryonten

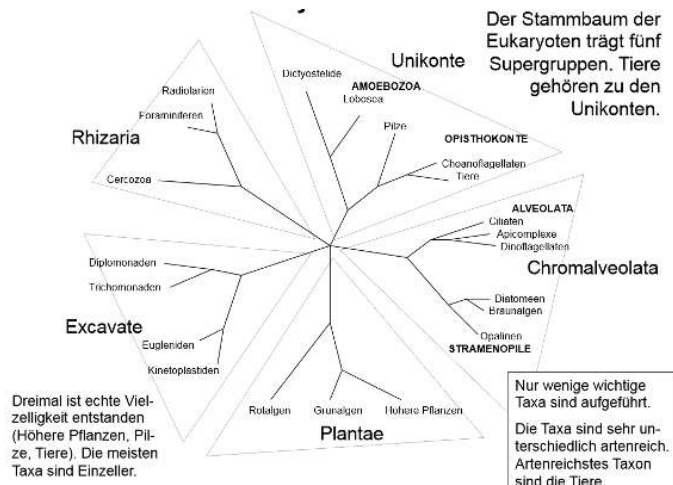
- Schwierig Stammbaum zu erstellen
- Heute: Basensequenzen von Genen für Untersuchungen nach Verwandtschaftsbeziehungen
- Bakterien als Einzelzellen oder Koloniebildungen
- Kleine Bakterien nur eine Genom-Kopie, Große Bakterien viele Genom-Kopien
- Ziele: Rasche Vermehrung oder sichern sich gegen widrige Einflüsse ab
- Manche Prokaryonten an extreme Bedingungen angepasst (z.B. in heißen Quellen)
- Keine Sexualität wie bei Eukaryonten
- Prokaryonten werden von Bakteriophagen oder Plasmiden infiziert. Gentransfer in großen Umfang möglich → Parasexualität
- Typisch für Prokaryonten: Bildung von Biofilmen. In Biofilmen interagieren die Arten, unterstützen sich und wehren sich gemeinsam

Eukaryonten:

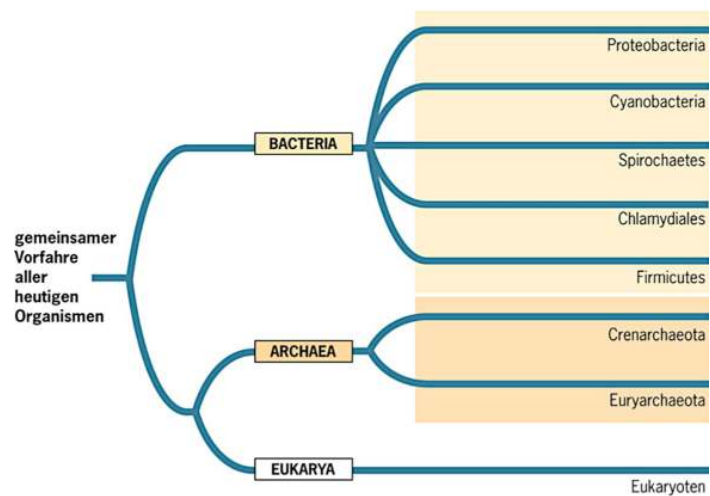
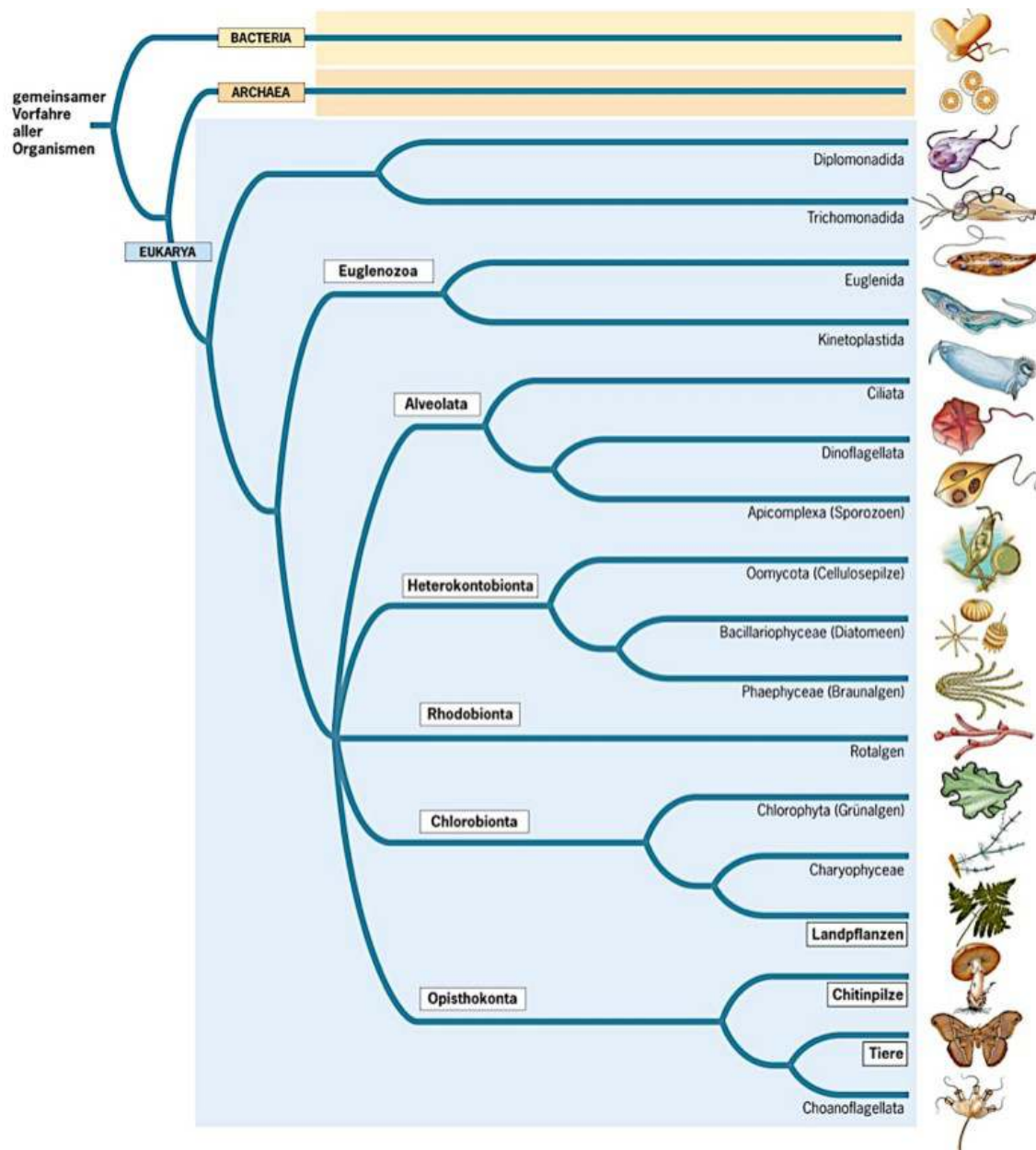
- Entstanden aus Prokaryonten (Symbiontentheorie)

- Eukaryonten zeigen:
 - o stärkere Kompartimentierung als Prokaryonten (Bildung getrennter Reaktionsräume in der Zelle)
 - o komplexeres Zytoskelett
 - o größere Zellen
 - o aufwendigere Genom-Struktur
 - o komplexere Fortpflanzungsmechanismen
 - o Sexualität – schnellere Evolvierbarkeit und Formvielfalt
 - o Größere Verhaltensvielfalt
 - o Relatives dominieren von Ökosystemen

- Stammbaum:
 - o Trägt 5 Supergruppen:



- Unikonta: Taxa mit einer Geißel (Opisthokonta und Amoebozoa)
- Opisthokonta: Unikonta, deren Zellen sich mit einer Geißel fortbewegen
- Bikonta: Gruppe von Taxa mit 2 Geißeln (Achraeplastida, Excavata, Rhizaria, Rhizaria und Chromalveolata)
- Isokonta: Mit Geißeln eines Typs
- Anisokonta/Heterokonta: Mit Geißeln unterschiedlichen Typs (Typ glatt mit Mastigonemen)
- Alveolata: Protisten mit Alveolen (flache Zisternen unter Zellmembran) Ciliaten, Dinoflagellaten, Apicomplexa
- Excavata Protisten mit typ. Aushöhlung als Ort der Nahrungsaufnahmen (Phagotozytose) Dort entspringt auch die Geißel (Discicritate, Diplomonaden, Trichomonaden)
- Cercozoa Monophyletisches Taxon mit begeißelten oder rhizopodialen Protisten. Einzellig phagotrophe und frelebende Aerobe mit Mitochondrien, Dictyosomen und aniskonten Geißeln
- Rhizaria „Scheinfußchen“ Cercozoa, Radiolarien, Foraminiferen, Acanthozoen
- Foraminifera besitzen Reticulopodien die durch Öffnen der Schale austreten
- Stramenophyle Braunalgen, Diatomeen, Actinophryide, Traustrochytride, Chrysophyten, Opaliniden
- Chromalveolata dazu gehören Alveolata und Stramenophyle; Malariaerreger
- Ciliaten haben Cilien (Wimpern), Kerndualismus und typ. Form der sexuellen Fortpflanzung (Konjugation)
- Amoebozoa sind Unikonta die sich mit Pseudopodien fortbewegen, Bewegung Aktin vermittelt



Chromalveolata:

- Diatomeen (Kieselalgen):
 - Reich Protocista (beinhaltet Algen und Einzeller)
 - Stamm Heterokontophyta (Freischwimmende Zygoten mit 2 verschiedenen Flagellen)
 - Klasse Bacillariophyceae (Zellen von einer kieselsäurehaltigen Zellwand umhüllt = Frustel)
 - Diatomeen haben sich als heterotrophe Einzeller entwickelt mit einer endosymbiontischen Rotalge. Beide Organismen haben sich zu einem vereinigt.
 - Diatomeen -> anderer evolutionärer Weg wie "hohe Landpflanzen". Diatomeen haben biogeochemische Merkmale von Pflanzen und Tieren.
 - Erste Fossilienfunde aus der frühen Kreidezeit (vor 140 Mio. Jahre)
 - Diplontische Lebensweise
 - Enorm erfolgreiche Gruppe
 - Über 250 Gattungen, ca. 100.000 Taxa
 - Globale Verbreitung
 - 25% Beitrag zur globalen Primärproduktion und Sauerstoffproduktion
 - Viele kosmopolitische Spezies
 - Gute Möglichkeit um Umweltbedingungen zu prüfen (auch in der Vergangenheit)
 - Hüllen aus Siliziumdioxid
 - Vorteile:
 - Häufiges Mineral, genügend verfügbar (Als Orthokieselsäure)
 - Spielen enorme Rolle im globalen Siliziumhaushalt
 - Zellwände lebendiger Zellen unlöslich durch Ausbildung organischer Schichten, Auflösung nach dem Tod
 - Siliziumoxid -> stabile und reaktionsträge Hülle
 - Silikataufnahme effizienter als gleichwertige organische Zellwand
 - Nachteile
 - Nicht permeabel -> Poren werden benötigt
 - Nicht wachstumsfähig -> kein Zellwachstum
 - Nicht dehnbar um Gameten während sexueller Vermehrung zu entlassen
 - Neue Valven entstehen in der Muttertheka, deshalb wird Population kleiner
 - schwer
 - Diatomeen Anwendungen
 - Diatomeen – Kleine Zellen mit großem Potential
 - Planktonbiomechanik und Bionik
 - Extremer Leichtbau
 - Autofelgen
 - Hochleistungsfilter
 - Konstruktionsbionik – Schalenbauten und Stabfachwerke
 - Automobilindustrie / Architektur / Reinigungsindustrie (Filter)

Reich Protista

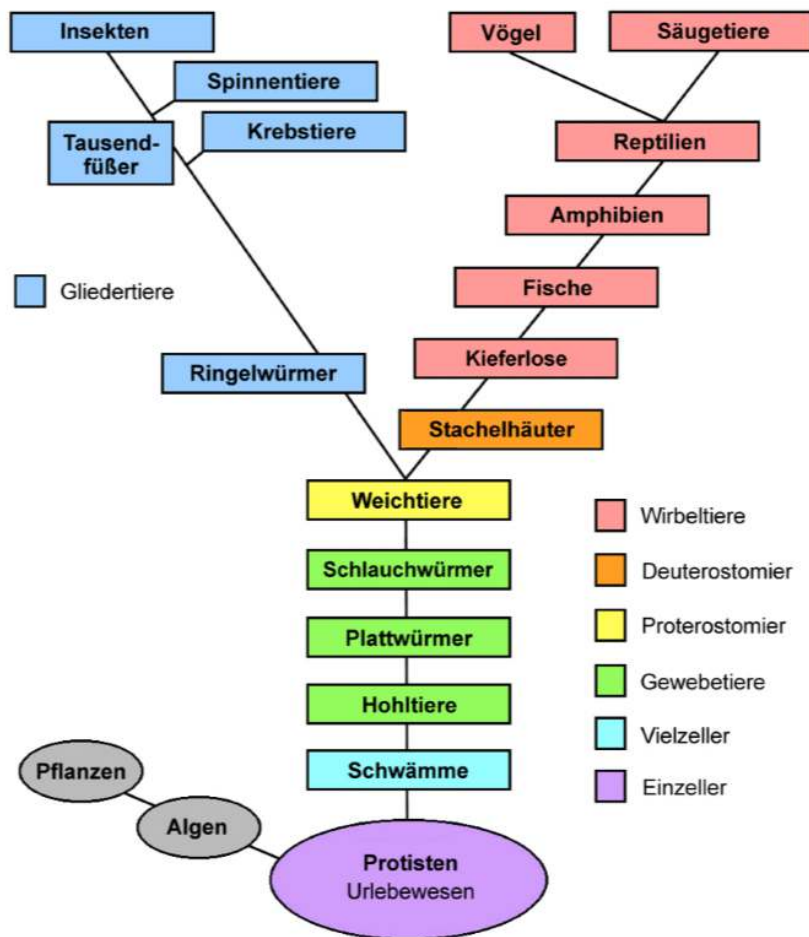
- Einzelne Eukaryonten; basiert nicht auf Verwandtschaft
- Extrem divers, ein Reich artefiziell
- Protisten sind Eukaryonten, ein- oder mehrkernige Einzeller manchmal als Plasmodien (Vielkernige Zellen) oder in Zellverbänden.
- In Zellverbänden: Differenzierung in generative und somatische Zellen

System und Biodiversität der Tiere

- Tiere sind vielzellig, haben Organe und bestimmte Muster der Individualentwicklung und Beweglichkeit; haben extrazelluläre Matrix und besitzen Kollagen
- Im Vergleich zu Pflanzen und Pilzen sind Tiere kompakt – großes Oberfläche-/Volumenverhältnis

Stammbaum der Tiere:

- Schwesterstamm der Tiere sind Choanoflagellaten
- Großgruppen der Tiere: die wichtigsten Gruppen in evolutorischer Abfolge



- Animalia/Metazoa:
 - Porifera
 - Placozoa
 - Cnidaria
 - Ctenophora
 - Plathelminthes
 - Nemertini
 - Nematelminthes
 - Mollusca
 - Annelida
 - Arthropoda
 - Tentaculata

- Hemichordata
- Chaetognatha
- Echinodermata
- Chordata

Stamm Porifera – Schwämme:

- Schwämme sind einfachsten Tiere ohne Organe
- Ca. 7500 Arten; Vor 500-800 Mio. Jahren
- Einfache, echte Vielzeller, sessil
- Nadelskelett: Sponginfaser-Gerüst
- Aktive Filtrierer, innere Strudler, leben von Plankton
- Choanocyten (Kragengeißelzellen)
- Kein Gewebe, echte Epithelien
- Assoziierte Organismen
- Sekundärmetabolite (bioaktive Substanzen)
- 4 Klassen:
 - Hexactinellida (Glasschwämme) 8%
 - Calcarea (Kalkschwämme) 8%
 - Demospongiae (Hornschwämme) 83%
 - Homoscleromorpha 1%
 - Unterschiede: Skelett, Spicula, Basalmembran, Zelljunction
- Zelltypen:
 - Actinocyten
 - Multipolare Zelle
 - Amoeboide Zelle
 - Lophocyte
 - Archaeocyte
 - Sphäkulöse Zellen
 - Choanocyten
- Schwammdiversität
 - Tethya gracilis
 - Tethya wilhelma – der schnellste Schwamm; muskellos

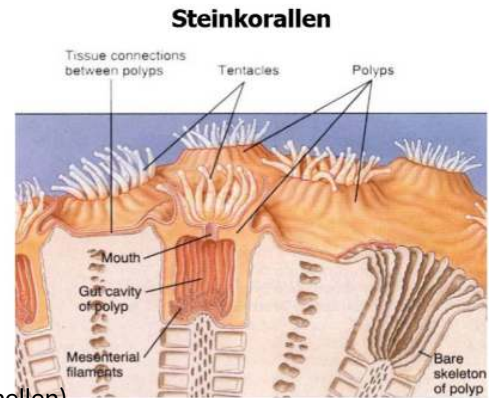
Stamm Cnidaria – Nesseltiere:

- Radiärsymmetrie
- 2 Keimblätter, dazwischen zellfreie Mesogloea
- Nesselzellen Cnidozyten
- Typen:
 - Anthozoa:
 - Blumentiere ca. 6000 Arten z.B. Seeanemonen und Korallen
 - Ausschließlich marin, überwiegend koloniebildend
 - Nur polyp – kein Medusenstadium
 - Große ökologische Bedeutung
 - Cubozoa:
 - Würfelquallen ca. 30 Arten z.B. Seewespen (Chironex)
 - Ausschließlich marin
 - Polypen sehr klein, Medusen größer und stark nesselnd
 - Scyphozoa:

- Scheibenquallen ca. 200 Arten z.B. Ohrenquallen
- Ausschließlich marin
- Polypen sehr klein, Medusen bis zu 2m Durchmesser
- Hydrozoa:
 - Ca 2700 Arten z.B. Hydren, Staatsquallen
 - Überwiegend marin, aber auch Süßwasserarten
 - Meist Polypen und Medusenstadien; Polypen teilweise koloniebildend

Korallen:

- Nesseltiere
 - Blumentiere
 - Sechsstahlige Korallen
 - Anemone
 - Steinkoralle
 - Achtstahlige Korallen



- Steinkorallen:
 - Symbiose mit einzelligen Algen (Zooxanthellen)
 - Vorteile für Alge:
 - Anlieferung wichtiger Mineralien (Nitrat und Phosphat) durch Koralle
 - Schutz
 - Vorteile für Koralle:
 - Zuckergewinn durch Photosynthese der Alge
 - Erhöhte Kalkbildungsrate → schnelleres Wachstum

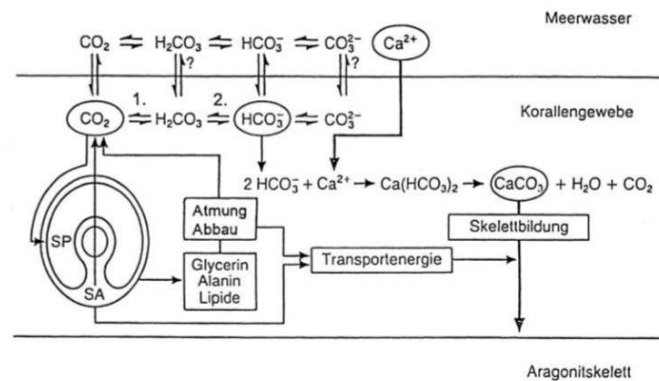
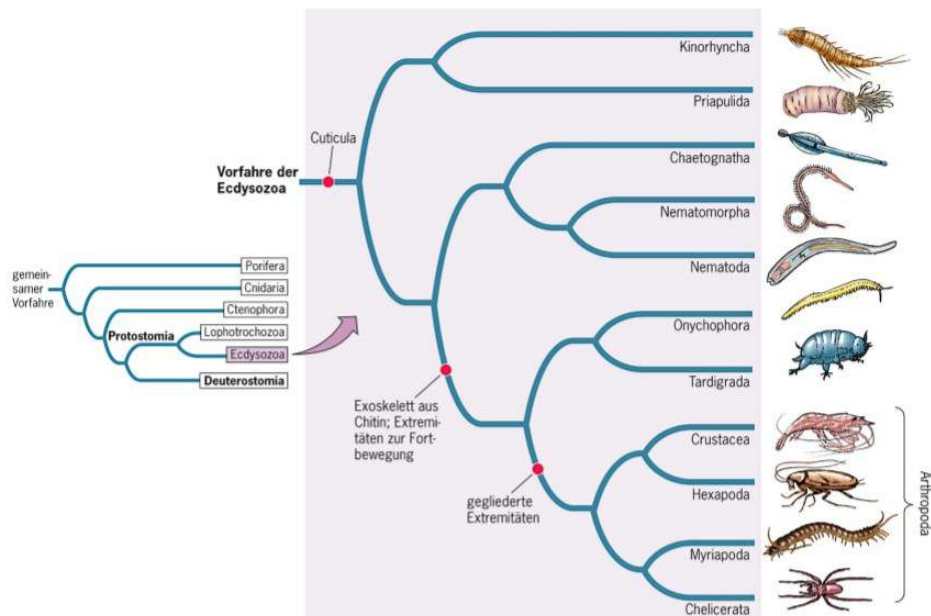
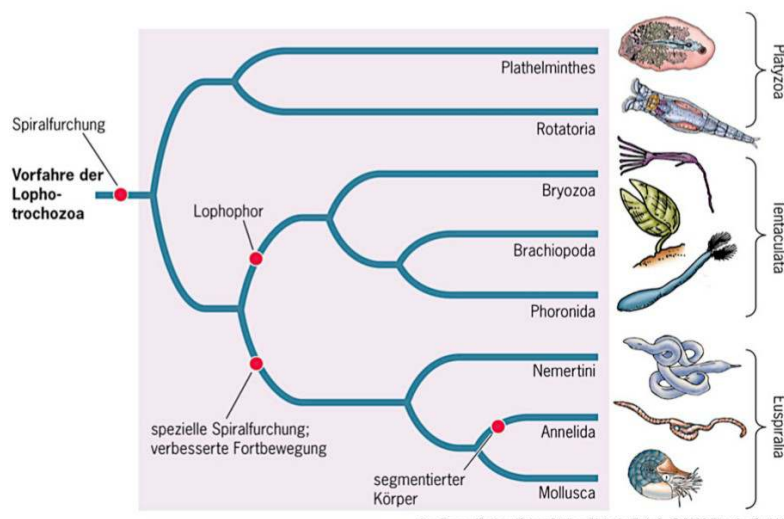
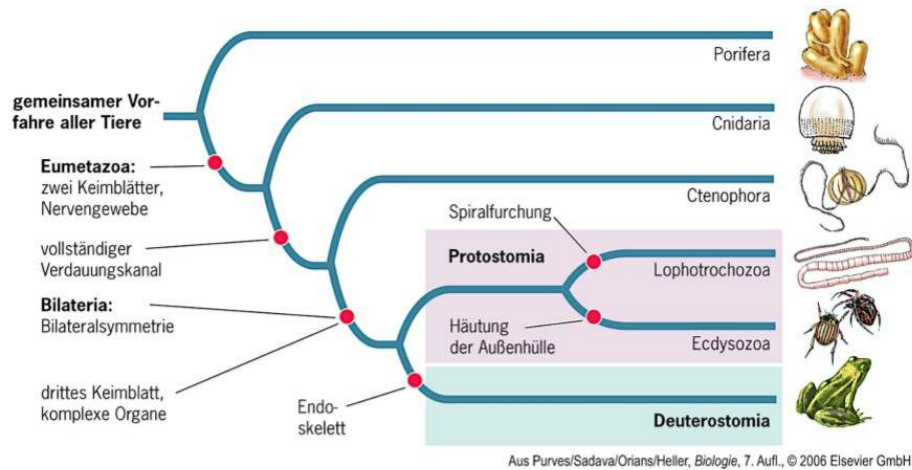


Abb. 3: Kalkbildung bei riffbildenden Korallen in Symbiose mit Dinoflagellaten. Nach KREMER IN WERNER, 1987. SP - Symbiontenphotosynthese mit CO_2 -Fixierung; SA - Symbiontenatmung. Die Schritte 1. und 2. werden von der Carboanhydrase der Polypen vermittelt.

- Korallenriffe und ihre Bedeutung:
 - Artenvielfalt
 - Einnahmequelle (Tourismus)
 - Schutz vor Wellen für Inseln
 - Nahrungsreservoir für Bevölkerung
 - Kinderstuben für Fische
 - Medizin aus dem Riff
 - Frühwarnsystem globaler Änderungen



Bilateria:

- Trennung von Protostomia und Deuterostomia
- Protostomia Urmünder:
 - In Embryonalentwicklung der Mund aus Urmund hervorgeht und Anus bricht sekundär durch
 - Ventraler paariger Hauptnervenstrang: umgibt im Schlundbereich den Verdauungstrakt
 - Dorsales Herz
 - Schizocoel (Coelomentwicklung aus mesodermalen Zellnestern)
 - Urmund wird zum Mund
 - Meist Spiralfurchung
 - Mosaikenentwicklung (früh determinierter Keim)
 - getrennt in Lophotrochozoa und Ecdysozoa
 - Lophotrochozoa haben Tentakelkranz, manche bewegen sich mit Cilien fort oder zeigen Trochophora-Larve → Plattwürmer, Ringelwürmer und Weichtiere dazu
 - Ecdysozoa haben Exoskelett, häuten sich → Gliederfüßer, Krebse und Insekten dazu
 - Höchstentwickeltes Protostomier
 - Klasse Crustacea (Krebse):
 - Vielfalt der Extremitätenformen ist besonders hoch
 - Ausgangsform ist Spaltbein
 - In Stammesgeschichte vorhandene Strukturen verändert bzw. weiterentwickelt
- Deuterostomia Neumünder:
 - 2seitig symmetrisch aufgebauten Tiere (Bilateria)
 - Mund bricht sekundär aus Urdarm durch
 - Dorsaler unpaariger Hauptnervenstrang
 - Ventrales Herz
 - Enterocoel (Coelombildung aus Abfaltungen des Urdarms)
 - Urmund wird zum After
 - Radiärfurchung
 - Regulative Entwicklung (Spätdeterminierter Keim)

Stamm Tentaculata:

- Moostierchen
- Mermale: koloniebildend, U-förmiger Tentakelkranz, Polyp in Gehäuse retrahierbar

Tracheata Insecta:

- Insekten haben 3 Beinpaare, 1 Antennenpaar
- Atmen über Tracheen
- Offener Blutkreislauf
- Leistungsfähige Komplexaugen bestehen aus vielen Einzelaugenelementen (Ommatiden)
- Exoskelett erfordert innenliegende Muskulatur
 - Ordnung Lepidoptera (Schmetterlinge):
 - Hochentwickelte Insekten mit 2 Paar Flügeln und kompliziert gebauten Schuppen
 - Mundwerkzeuge der Schmetterlinge bilden langen, einrollbaren Rüssel
 - Von der Biene homolog (umgeformt)
 - Ordnung Hymenoptera (Hautflügler):
 - Hautflügler hochentwickelte soziale Lebensweise
 - Altruistisches Verhalten der Arbeiterbiene

- Verhalten sozialer Insekten und Nestorganisation sind Beispiele für Selbstorganisation im Tierreich

Stammgruppe Deuterostomier:

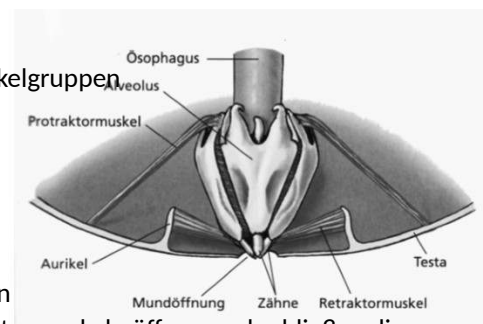
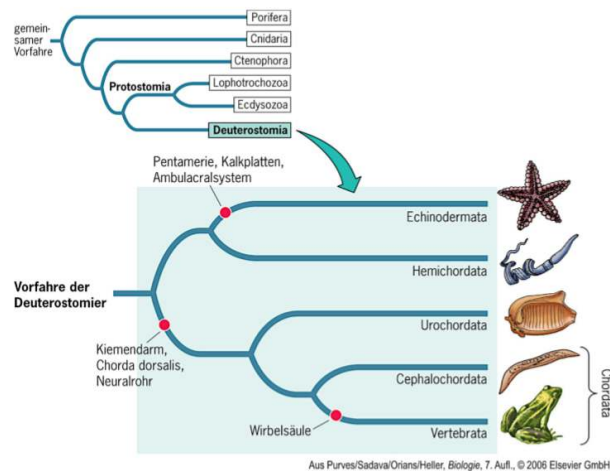
- Urmund wird zum After
- Tendenz zu Kiemendarm
- Höherentwickelte

Deuterostomier entwickeln durch Einfaltung des Ektoderms ein dorsales Nervensystem

- Stamm Echinodermata

(Stachelhäuter):

- Haben keinen Kopf oder Gehirn. Augenflecke nur bei Seesternen
- Beweglichkeit nicht auf Geschw. Optimiert
- Wichtigster Teil des Bewegungsphänomenes: hydropneumatisches System, zusätzlich Muskeln und Kollagen
- Kalkskelett mit Stacheln, die in manchen Fällen zur Fortbewegung dienen
- Dreiteiliges Coelom mit Coelomporen:
 - Axocoel (Protoel) mit Axialorgan
 - Hydrocoel (Mesocoel) Ringsystem mit 5 Radiargefäßen mit Ambulakren, Ambulakralsystem mit Ambulakralfüßchen zur Fortbewegung
 - Somatocoel (Metacoel) bilden große Leibeshöhle
- Sekundär radiärsymmetrisch: von Symmetrieachse typ. 5 Radian mit Ambulakraltentakeln
- Mit Stacheln, Pedicellarien und Ambulakralfüßchen sind Echinodermen wehrhaft, beweglich und geschickt im Nahrungserwerb
- Pematzoa (festsitzend gestielt):
 - Crinoidea – Haarsterne, Seelilien
- Eleuterozoa (frei beweglich):
 - Asteroidea – Seesterne
 - Ophiuroidea – Schlangensterne
 - Echinoidea – Seeigel
 - Holothurioidea – Seegurken
- Echinoidea – Seeigel:
 - Ernährung: Pflanzen, Algen und kleine Tiere
 - Kieferapparat (Laterne):
 - 5 Pyramiden
 - Sehr stabile Zähne
 - Aus 40 Kalkplatten und 6 Muskelgruppen
 - Vorkommen:
 - Hartboden
 - Korallenriff
 - Braunalgenwälder
 - Seegraswiesen
 - Schemazeichnung Laterne mit Muskeln
 - Retraktormuskeln und Protraktormuskeln öffnen und schließen die Laterne zum Kauen



- Bionik:
 - Biologische Erzeugung von Oxidkeramiken
 - Seeigelstacheln als Modell für stoffdurchlässige Einschlagschutzsysteme
 - Gradierung: Rissablenkung und kaskadierendes Versagen
→ Makrostruktur
 - Porosität: Kompensation katastrophalen Bruchverhalten
→ Mikrostruktur
 - Domänenstruktur: Kompensation Einkristall-Spaltbarkeit
→ Nanostruktur
- Seeigelentwicklung:
 - Metamorphose: Von der Befruchtung über bilaterale symmetrische Larve zur radiär symmetrischen adulten Form mit Pentamerie
 - Primäre Mesenchymzellen bilden Syncytium
 - Erste Spicula nach 24h
 - Pluteus: Spicula aus Calcit mit 5 Magnesium & 0,1% Proteine
 - Beginn der Mineralisation 24-48h nach Befruchtung
 - Magnesiumgehalt bestimmt Härte und Youngs Modulus
- Kalkskelett als Komplexauge
 - Photorezeptoren in Ambulakralfüßchen
 - Skelettvertiefungen zur Abschattung
 - Richtungswahrnehmung möglich
- Crinoidea – Haarsterne:
 - Sessile, meist gestielte Filtrierer
 - Filigran gebaut, nicht im bewegten Oberflächenwasser
- Asteroidea – Seesterne:
 - Viele leben räuberisch
- Ophiuroidea – Schlangenseesterne:
 - Heftig schlängelnde Bewegungen, schnellsten Echinoidermen
 - Keine Ambulakralfüßchen, aber kleblige Tentakel zur Nahrungssammlung
 - Oft eingegraben in Sand/Sediment
 - Lichtempfindliche Schlangensterne
 - Stabile Mikrolinsen sind Einkristalle
 - Fokussieren auf Nervenbündel
 - Kaum Abbildungsfehler, wachsen nach
 - Sonnenschutz durch Flüssigkeit aus Poren
 - Mikrolinsen-arrays in der Nanotechnik
- Holothuroidea – Seegurke:
 - In Wasserlungen leben manchmal Fische
 - Kann zur Verteidigung Cuviersche Schläuche, Darm und Wasserlungen ausstülpen
 - Organe regenerativ

Stamm Mollusca – Weichtiere:

- Kein Skelett
- Körper in Kopf, Fuß Eingeweidesack und Mantel gegliedert
- Verdauung zum großen Teil in der Mitteldarmdrüse
- getrenntgeschlechtlich oder Zwitter z.T. innere Besamung
- Entwicklung Spiralfurchung
- Aufbau:

- Mantel
- Ctenidien (Doppelkammkiemen):
 - Bewimpert
 - Erzeugen Atemwasserstrom
 - Spült Geschlechtsprodukte, Harn und Kot aus Mantelhöhle
- Blutkreislauf offen
- Nervensystem primär Schlundring und 2 paarige Markstränge
- Sinne: Verbreitet Augen; chemische Sinne: freie Nervenendigungen oder bewimperte Sinneszellen
- Exkretionsorgane:
 - Coelom steht über paarige Exkretionsorgane mit der Außenwelt in Verbindung
 - Coelomepithel an Exkretion beteiligt
- Klasse Gastropoda – Schnecken:
 - Unterteilung in:
 - Lungenschnecken (Pulmonata)
 - Vorderkiemer (Prosobranchia)
 - Hinterkiemer (Opisthobranchia)
 - Nervensystem hochentwickelt; Besonderheit ist Streptoneurie (Vorderkiemer)
 - Mantelhöhle vorne
 - Kiemen vor dem Herzen
 - Werden für neurophysiologische Experimente in der Epilepsieforschung
 - KLH, Hämocyanin der Schlüsselloch-Napfschnecke werden als unspezifischer Immun-Modulator nach Blasenkrebs-OPs angewendet
- Klasse Bivalva – Muscheln:
 - Durchweg bilateralsymmetrische Conchifera
 - Schale aus 2 Hälften
 - Kopf stark reduziert
 - Keine Radula, Kiemen meist üppig ausgebildet
 - Meist Strudler
 - Augen der Jakobsmuscheln:
 - Linse bündelt Licht, wird dann von Hohlspiegel auf distale Netzhaut fokussiert
 - Proximale Netzhaut registriert Beschattungen
 - Beide Sehzellschichten werden nervös getrennt
 - Larvenparasitismus/-symbiose:
 - Larven heften sich an die Flossenhaut von Bitterlingen an
 - Ernähren sich von verdautem Fischgewebe
 - Nach heranwachsen fallen sie ab
 - Muschelschale entwickelt sich unter Larvialschale
 - Fischlarven von Bitterlingen entwickeln sich in Mantelhöhle der Muscheln
 - Adhäsionsvorrichtung aus Byssusfaden und Adhäsionsplättchen
 - Aus Collagen, Schutzummantelung mit Mefp-1
 - Elastisches proximales Ende
 - Bockpolymer mit hartem und weichem Segment
 - Elastinblock erhöht Dehnbarkeit des Kollagenblocks

- Steifes distales Ende
- Rolle des DOPA:
 - Verantwortlich für adhäsive Wechselwirkung
 - Vernetzungsmittel zwischen Substrat und Plättchen
 - Bindefestigkeit im Plättchen
 - Bindungen mit Metallionen, -oxiden, Silikondioxyden auf mineralischer Oberfläche
 - Verantwortlich für kohäsive Wechselwirkung
 - H-Brücken zwischen DOPA und Metallionen
 - Kovalente Bindungen zwischen Proteinen
- Prinzip der Adhäsion:
 - Reinigung der Oberfläche mit Muschelfuß
 - Auftragen von phenolhaltigem Sekret auf Verbindungspartner
 - Wachsen des adhäsiven Plättchens durch kontinuierliche Haftmittel-Ausscheidung
 - → robuste, dauerhafte, wieder lösbare, dehnbare, nicht-toxische Verbindung
 - Abhängig von:
 - Aminosäurezusammensetzung
 - Polarität der Oberfläche
 - Oberflächenspannung/Benetzbarkeit
 - Rauigkeit der Oberfläche
 - Elektrostatische Aufladung der Oberfläche
- Anwendungen in der Technik
 - Muschelkleber für DANN-Chips
 - Muschelkleber für Fruchtblase → biokompatibel
 - Muschelsekrete für medizinische Implantate → klebrige Innenseite und hydrophobe Außenseite
 - Geckel – biologisch inspirierter Klebstoff
- Schnecke fängt mit Schneckengift Conotoxine:
 -
- Klasse Cephalopoda – Tintenfische:
 - Fangarme rings um Mundöffnung
 - Fuß wird zu Trichter am Ausgang der Mantelhöhle. Dadurch kann Wasser aus der Mantelhöhle gepresst werden
 - Schale meist reduziert
 - Verdauungstrakt typischer Weise mit Horn-Kiefer-Beißwerkzeugen
 - Mitteldarmdrüse oft nur noch sezernierende Drüse
 - Augenentwicklung:
 - Linse wird von 2 Epithelien gebildet
 - Everse Netzhaut, während Wirbeltiere inverse Netzhaut

Aquakultur:

- Aufzucht aquatischer Organismen unter kontrollierten Bedingungen bis zur Marktreife
- Natürliche Systeme
- Halb-natürliche Systeme
- Künstliche Systeme
 - Offen
 - Geschlossen
- Folgen:

- Lokale Einflüsse auf Sediment- und Wasserqualität durch organische Abfälle
- Anstieg der Nährsalzgehalte
- Eutrophierung
- Toxizität von tierärztlichen Therapeutika, Antibiotika und anderen Pharmazeutika zur Kontrollen von Krankheiten und Persistenz d.h. Bioakkumulation im Nahrungsnetz
- Einführung und Ausbreitung von Krankheiten und Parasiten von Zucht- auf Wildpopulationen und umgekehrt
- Einfluss auf genetische Ausstattung von Wildpopulationen durch entkommenen Zuchtorganismen
- Bewusste und zufällige Einführung nicht einheimischer Arten
- Ökologische Wechselwirkungen zwischen Aquakulturoperationen und Wildarten
- Chemikalieneinsatz

Stamm Chordata – Unterstamm Tunicata:

- Manteltiere
- Klasse Appendicularia – findet man oft in großer Zahl im Plankton
- Gebaut wie Larven anderer Tunikaten
- Seescheide:
 - Neue Klasse des Anti-tumor Agenten
- Unterstamm Acrania – Lanzettenfischchen:
- Chondrithyes – Knorpelfische
- Osteichthyes – Knochenfische
- Tetrapoda – Vierfüßer:
 - Amphibien
 - Haut feucht
 - Atmung je nach Stadium und Lebensweise über Haut, Kiemen, Lungen
 - Stammen direkt von Fischen ab
 - Amniota – Nabeltiere:
 - Unterstamm Vertebrata:
 - Reptilien
 - Vögel stammen von Reptilien ab
 - Federn aus Reptilienschuppen entwickelt
 - Flugfähig und Umwandlung der Vorderextremitäten in Flügel
 - Knochen leichtgebaut z.T. Luftkammern
 - Leistungsfähiges Atmungssystem
 - Säuger
 - Säuger sind Haartiere
 - Haut mit tubulären Drüsen
 - Aufwendige Aufzucht der Jungtiere
 - Enorme Entwicklung des Großhirns
 - Hochentwickeltes Sozialverhalten
 - Erste Säugetiere waren Insektenfresser
 - Als Saurier aussterben wurde Säuger zur dominierenden Vertebrataklasse
 - Seit 1 bis 2 Mio. Jahren gibt es Menschen
 - Embryonalentwicklung in Wasser

Landpflanzen:

- Vorfahren höherer Pflanzen waren Grünalgen
- Tendenz zunehmender Komplexität
- Photosyntheseaktiv und Produzenten der Erde
- Osmotisch – nehmen Nährsalze in gelöster Form über Zellmembran auf
- Typischerweise festsitzend
- Entwickeln als offene Lebewesen ihre Organe (Blätter)
- Wenig Alterung
- Stammbaum:
 - Moose
 - Gefäßpflanzen
 - Farne
 - Nacktsamer und Bedecktsamer
- Bedecktsamer(Angiospermen):
 - Einkeimblättrige:
 - Samen mit einem Keimblatt
 - Blütenteile mit Dreizahl oder Vielfache von 3
 - Zweikeimblättrige:
 - Samen mit 2 Keimblättern
 - Blätter mit Gefäßnetzwerken
 - Blütenteile meist in Vier- oder Fünzfzahl oder Vielfache davon
 - Aufbau: Sproß, Blätter, Wurzel, Blüte
 - Enthalten undifferenzierte Zellen, wie Stammzellen zu allen Zelltypen entwickeln können
 - Undifferenzierte Zellen → Pflanzen altern kaum

Pilze:

- Sind vielzellige Eukaryoten mit Merkmalen, die eindeutig von Tieren und Pflanzen unterscheiden
- Stehen Tiere näher, weil kein Chlorophyll (ernähren sich heterotroph) und keine Zellulosewände
- Wachstum in Form von Myzellen (Fruchtkörper, die als Pilze geerntet werden), Zellfäden

Biologische Arbeitsweise:

- Biologie untersucht Lebewesen, ihre Funktionen, ihr Zusammenleben, die Reaktionen der Lebewesen auf die Umwelt und ihre Entwicklung
- Naturwissenschaftliche Arbeitsweise: Beobachtung → Beschreibung → Frage/Hypothese → Experiment → Quantifizierung → Modell/Theorie → Überprüfung

Chitin

Vorkommen

- Ecdysozoa: Häutungstiere
 - Arthropoden: Gliederfüßer
 - Cycloneuralia: Wurmartige, wirbellose Tiere
- Fungi: Pilzen -> Hauptbestandteil Zellwand
- Mollusca: Weichtiere
- Annelida (Ringelwürmer) -> Kommt im Mundraum vor
- Arthropoden (Gliederfüßer) -> Hauptbestandteil des Exoskeletts
 - Z.B. bei Crustacea (Panzer)
 - Kompositstrukturen mit Chitin, z.B. bei Arthropoden Flusskrebsscheren
- Insektenflügeln

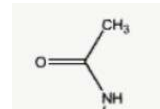
- Schwämme
- Wurmborsten (Seemaus)
- Käfer
- Auch bei Wirbeltieren gefunden (Knochenfisch und Schleimfisch)

Chitin

- Hohen Anteil an mariner Biomasse (10^6 – 10^7 Tonnen)
- Funktionen in der Natur:
 - Stützfunktion (Gerüstsubstanz)
 - Schutz der Weichteile (bietet inneren Organen Schutz)
 - Schutz vor Flüssigkeitsverlusten
 - Bestandteil von Kompositmaterialien
- Biologisch abbaubar
- Anwendung:
 - in der Kosmetik
 - Feuchtigkeitsspender zur Viskositätsveränderung
 - Antistatische Wirkung genutzt in Haarprodukten
 - in der Medizin
 - Wund- und Brandwundenbehandlung
 - Behandlung chronischer Wunden, Geschwüren & Blutungen (Chitinpulver)
 - Antibakterielle und Antifugale Wirkung
 - Viskoelastische Lösung in der Augenheilkunde & orthopädische Chirurgie
 - Tumorthherapie

Chitin Chemie

- 2. Häufigstes Polysaccharid nach Cellulose
- Unterschied zur Cellulose: eine Acetamidgruppe (Stickstoffhaltig) ->
- Gleiche Kopplung wie Glucose mit Cellulose aber
 - Hydroxylgruppe durch Acetylaminogruppe ersetzt
 - Stärkere Wasserstoffbindung zwischen angrenzenden Polymeren -> härter und stabiler als Zellulose
- Chitin ist unlöslich in Wasser, manchen Säuren, Laugen und Alkoholen
- Alpha, Beta, Gamma - Chitin
 - Alpha: Alternierend antiparallele Anordnung der Polysaccharidketten (Arthropoden, Crustaceen)
 - Beta: Parallele Kettenanordnung (Tintenfisch)
 - Gamma: Zweiparallele Ketten statistisch alternierend mit einer antiparallelen Kette (Pilze)
- Kann zu den Derivaten Chitosan und Glucosamin weiterverarbeitet werden



Chitosan

- Chitin nachwachsender Rohstoff (Krabbenschalen)
- Chitin Ausgangsstoff für Chitosan
- Acetylgruppen des Chitins abspalten (Deacetylierung)
 - Herstellung:
 - Krabbenschalen -> mahlen -> Deproteinierung -> Demineralisierung -> Entfärbung -> Deacetylierung, Erhitzen 110-115°C mit NaOH (oder enzymatische Gewinnung mit Chitin-Deacetylasen) **NaAC** -> **NH₂** -> Waschen mit Wasser -> Chitosan
- Chitosan ist eine große Stoffgruppe mit unterschiedlichen Eigenschaften, man unterscheidet:
 - Im Deacetylierungsgrad (Menge der freien Aminogruppen am Molekül, je höher die Zahl desto aktiver)
 - Molekulargewicht und daraus folgende Viskosität
- Eigenschaften
 - Hohe Ladungsträgerdichte
 - Bakterienhemmend, pilzhemmend

- Film- und faserbildend, vernetzend (Wundheilung/ Wundversorgung)
- Chitosanpartikel Zahnpasta
- Biologisch abbaubar durch natürliche Enzyme, ungiftig
- Nicht toxisch
- Antibakteriell
- Anwendung:
 - Kontaktlinsen
 - Abwasseraufbereitung
 - Kontrollierte Medikamentenverabreichung

Hochseefischerei

- Krabben werden gefangen aber auch immer mehr in Aquakulturen gezüchtet
- Krill (Kleinste Krebstiere) werden von Bartenwalen gefressen und von Fischern gefangen zur Weiterverarbeitung (Krillfleisch, Krillmehl -> Chitosan)

Zähne von Säugetieren:

- Für das Überleben der Säugetiere notwendige Eigenschaften:
 - Heterodontes Gebiss (verschiedene Zahnformen innerhalb eines Gebisses)
 - Differenzierung der Zahnformen als Anpassung an Ernährung
 - Extrem harte und langlebige Struktur
- Aufbau:
 - Zahnkrone:
 - Herausragender Zahnteil
 - Schmelzüberzogen
 - Niederkronig/Mehrkronig
 - Einhöckrig/Mehrhöckrig
 - Zahnhals: Übergang zwischen Zahnkrone und Wurzel
 - Zahnwurzel:
 - Einzählig/Mehrzählig
 - Befestigung des Zahns in den Zahngruben
 - Stoßdämpfereffekt
 - Durch Resorption der Milchzahnwurzel findet ein einmaliger Zahnwechsel statt
 - Pulpahöhle:
 - Innenliegender Hohlraum
 - Enthält Zahnnerv als lebendes Gewebe
 - Liegt primär offen
 - Zahnbein:
 - Festigung des Zahns von innen
 - 70% anorganisch; 20% organische Substanz
 - Nachbilder über Zellfortsätze aus der Pulpahöhle
 - Anisotroper Werkstoff als Kompositmaterial
 - Zahnschmelz:
 - Festigung des Zahns von außen
 - 95% anorganische Substanz
 - Anisotroper Werkstoff aus kristallinem Gefüge
 - Keine Durchblutung und keine Nachbildung
 - Zahnzement
 - Überdeckt das Zahnbein im Wurzelbereich
 - Kann im Verlauf des Lebens nachgebildet werden
- Besondere Eigenschaften der wurzellosen Zähne:
 - Abnutzung und ständiges Wachstum
 - Abrasiver Verschleiß wird zur Bildung von scharfen Kanten benutzt
 - Zahnbeinbildung:
 - Primäre Synthetisierung durch Odontoplasten in Dentinmatrix
 - Sekundäre Bildung sehr viel langsamer
 - Tertiäre Bildung im Falle eines Schadens
 - Selbstschärfeprozess
 - Abnutzung der Spannfläche führt zu Bildung von scharfen Kanten
 - Technische Umsetzung:
 - Wenig verschleißbeständiger Grundkörper: Niedriglegierte Stähle geringer Härte für Grundkörper von Schneidewerkzeugen

- Einseitige Schmelzschicht mit geringer Dicke, hohem Verschleißwiderstand und hoher Härtegrad: Dünnschicht aus Keramik
 - Selbstschärfender Effekt mit hoher Verschleißrate und dauerhaftem Wachstum: Schneidewerkzeuge in der Chirurgie
- Funktionen der einzelnen Zahnformen:
 - Schneidezähne: Schere, abtrennen der Nahrung
 - Eckzähne: Verkümmerter Reißzahn
 - Vormahlzähne: Halten Nahrung fest; grobe Zerkleinerung
 - Mahlzähne: Große Kaufläche zur vollständigen Zermahlung
- Anwendung in der Industrie:
 - Anbaugerät für Bagger – Reißzahnserie

Diatomeen – Selbstorganisation:

- Kieselalgen liefern Konstruktionsplan für Fundamente von Windrädern
- Selbstorganisation: Spontanes Entstehen neuer Strukturen in dynamischen System, das auf kooperatives Wirken von Teilsystemen zurückgeht
- Wechselwirkungen sind verantwortlich für Ordnungsprozess
- Modell zur Beschreibung der Entstehung komplexer Systeme
- Bausteine: Atome, Moleküle und Molekülverbände
- Vermehrung der Diatomeen:
 - Bildung von 2 Tochterzellen aus einer Mutterzelle
 - Übernahme einer Schalenhälfte der Mutterzelle
- Anwendung in der Technik:
 - Leichtbau
 - Herstellung neuer, funktioneller Nanomaterialien
 - Halbleitertechnik

Neuronale Netze:

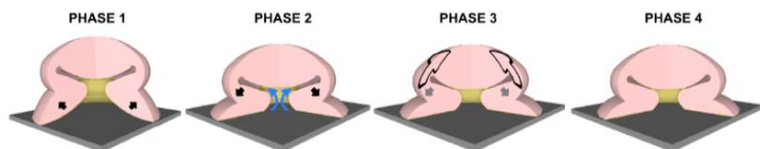
- Abbildungsvorschrift, das eine Menge von Eingaben, deren spezifische Eigenschaften durch Eingabevektoren kodiert werden, in einer Menge von Ausgaben, die ebenfalls durch Vektoren beschrieben werden, abbildet
- Neuronales Netz des Gehirns als Vorbild für künstliche neuronale Netze
- Aufbau von NN:
 - Gewichtung: Stärke der Verbindungen zwischen Units
 - Wissen gespeichert in Gewichten eines NN
 - Lernen = Gewichtsveränderung zwischen Einheiten, abhängig von Lernregeln
 - Aktivitäts- bzw. Aktivierungsfunktion: Zusammenhang zwischen Netinput und Aktivitätslevel
 - Aktivitätslevel wird über Ausgabefunktion in Output transformiert
 - → Weitergabe an nächstes Neuron
- Lernen und Lernregeln:
 - Lernphasen:
 - Trainingsphase: NN lernt nach Lernregeln
 - Testphase: keine Gewichtsmodifizierung, Untersuchung ob NN gelernt hat
 - Lernregeln:
 - Hebb-Regel: Gewicht zwischen 2 Einheiten wird dann verändert, wenn beide Units gleichzeitig aktiv sind

- Delta-Regel: beruht auf Vergleich zwischen gewünschten und tatsächlich beobachteten Output eines Outputunits
- Beispiel Seehase:
 - Kiemenrückziehreflex – einfaches Prinzip eines neuronalen Netzes
 - Habituation: Gewöhnung an wiederholte gleichartige Reize
 - Abnahme der Reaktion auf Reiz
 - Verkleinerte Anzahl der Neuronenkontakte
 - Dishabituation: Habituation rückgängig durch Sensibilisierung
 - Sensibilisierung: starker bedeutungsvoller Reiz
 - Erhöhte Reizempfindlichkeit und verstärkte Reaktion
 - Vergrößerte Anzahl der Neuronenkontakte
- Anwendungen:
 - Mustererkennungen und Signalverarbeitung – Bestimmung von Regelmäßigkeiten in Daten → Frühwarnsysteme
 - Entscheidungsunterstützung
 - Robotik
 - Simulation
 - In der Medizintechnik:
 - Prognosen
 - EKG, EEG Interpretationen

Oktopus:

- Systematik:
 - Stamm: Weichtiere
 - Klasse: Kopffüßler
 - Ordnung: Octopoda (Kraken)
 - Familie: Octopodidae (Echte Kraken)
 - Gattung Octopus
- Hautanpassungsfähigkeit:
 - Wahrnehmung mittels Augen → Erkennen von Formen und Kontraste
 - Nutzung der Haut → Wahrnehmung von Helligkeitsunterschiede
 - Hohe Präzision in Wahrnehmung und Umsetzung
 - Aufbau Haut – Epidermis einschichtiges Zylinderepithel:
 - Obere Hautschicht: Chromatophoren – Zellen mit verschiedenfarbigen Pigmenten von radiären glatten Muskelfasern
 - Mittlere Hautschicht:
 - Iridozyten – farblose Zellen mit lichtreflektierenden Plättchen
 - Irisieren: Erscheinung einer Oberfläche in verschiedenen Farben aufgrund von Brechung und Interferenz des Lichtes an dünnen Oberflächen
 - Anteile des Lichtes werden gefiltert
 - Untere Hautschicht:
 - Leukophoren – streuen einfallendes Licht
 - Schicht aus weißen Zellen liefert kontrastreichen Hintergrund
 - Zellen bestehen aus 1000-2000 Leukosomen
 - Funktionsweise des Farbwechsels:
 - Alle Schichten können miteinander interagieren und unabhängig voneinander verändert bzw. angepasst werden
 - Anwendung künstliche Tintenfischhaut:

- Autonome Steuerung
 - Aufbau:
 - 1.Schicht: Kapseln aus wärmesensiblen Farbstoff
 - 2.Schicht: Kontrastschicht
 - 3.Schicht: Netz aus Siliziumdioden
 - 4.Schicht: Trägerschicht aus Polymer
 - 5.Schicht: Schicht zur Farb- und Untergrunderkennung
 - Konkrete Anwendung:
 - Neue Displaytechnologie
 - Tarnhüllen
 - Medizintechnik: Erkennung und Wiedergabe von Strukturen
- Armflexibilität:
- 4 longitudinale Muskeln
 - Anzahl der transversalen Muskeln entspricht Armlänge
 - Schräge Muskulatur
 - Keine knöchrige oder knorpelige Struktur
 - → Unlimitierte Zahl an Freiheitsgraden
 - Funktionsweise:
 - Verlängerung: Kontraktion transversaler Muskulatur; Relaxation longitudinaler Muskulatur
 - Verkürzung: Kontraktion longitudinal; Relaxation transversaler Muskulatur
 - Torsion: Kontraktion der schrägen Muskeln
 - Biegung: Kontraktion longitudinaler Muskulatur und leichte Kontraktion transversaler Muskeln; Beugeradius bestimmt Steifigkeit bestimmter Armabschnitte
 - Steuerung: Peripheres NS und Zentrales NS
 - Anwendungsgebiet:
 - Softrobotik
 - Anforderung: Volle Flexibilität und Aufbringen von Kräften ohne feste Bestandteile
 - Endoskopische Instrumente
 - Tissue Stabilizer
- Saugnapfe – Haltekraft:
- Ansaugmechanismus:
 - Trichter kontrahiert – Dichtung zu Subjekt
 - Kontraktion des oberen Hohlraums – Unterdruck entsteht
 - Kontraktion der 2 Kammern
 - Muskelentspannung – Unterdruck bleibt erhalten



- Anwendung:
 - Halbleitertechnik
 - Robotik
 - Haltevorrichtungen
 - Medizintechnik:
 - Unterstützen des Greifens/Halten von Gewebe
 - Wundauflagen
 - Smart skin

Biologische Sensoren:

- Geruchssensor – Vorbild Hundenase
- Infrarotsensor – Vorbild Pyrophile Käfer
- Elektroortung – Vorbild Schwach elektrische Fische

Spinnenseide:

- Systematik:
 - o Reich: Tiere
 - o Stamm: Gliederfüßer
 - o Klasse: Spinnentiere (Arachnida)
 - o Ordnung: Webspinnen (Araneae)
 - o Familie: Seidenspinne (Nephilidae)
- Proteine der Spinnenseide
- Gentechnisch veränderte Organismen produzieren Spinnenseide
 - o E. coli Bakterien
 - o Ziegen
 - o Tabak- und Kartoffelpflanzen
- Eigenschaften:
 - o 4x mehr belastbar als Stahl
 - o Elastisch und reißfest
 - o Wasserfest
 - o Fungizid
 - o Langsam biologisch abbaubar
 - o Hitzebeständig
- Anwendungen:
 - o Ersetzen von Seide
 - o Für große Belastungen geeignet – Kleidung
 - o In Medizintechnik:
 - Seide mit Wirkstoff-Depots
 - Nahtmaterial
 - Leitschienen für Nervenregeneration
 - Beschichtung für Implantate
 - Kapseln für Medikamente
 - Tissue Engineering

Haftkraft von Insektenfüßen - Kleber:

- Basieren auf physikalisch Kräfte (Van-der-Wals-Kräfte)
- Anziehung zwischen Atomen
- Haftstrukturen:
 - o Käfer: Hufeisen am Ende ihrer Klebehärchen
 - o Fliegen: Keulen
- Haftmechanismus:
 - o Fliegen: Produktion eines Haftsekrets
 - o Spinnen und Gecko: kein Klebstoff – feine Härchen
- Anwendung:
 - o Fertigungsindustrie
 - o Grashüpfer für Helikopter:
 - Beine gleichen Unebenheiten aus
 - balanciert sich aus und landet knieend

- für Gelände mit 20% Steigung als Landefläche
- Spinybots: Überwachung, Bauprüfung, Militärischer Einsatz

Begriffserklärung:

- Adaptivität:
 - Fähigkeit sich auf geänderte Anforderungen und Gegebenheiten in der Umwelt einzustellen
 - Beispiel: Miesmuschel – Byssusfäden helfen bei Verankerung auf jeglichen Oberflächen
 - Anwendung: synthetische Herstellung Byssusfäden
- Resilienz:
 - Fähigkeit von Systemen, bei Störungen nicht vollständig zu versagen
 - Beispiel: Waldfrosch – Körpereigenes Frostschutzmittel aus Glucose und Harnstoff
 - Anwendung: Kryokonservierung von Organen
- Selbstheilung:
 - Ohne medizinische Behandlung erfolgende Heilung
 - Beispiel: Struktureller Aufbau der Diatomeen
 - Anwendung: Selbstheilender Gips
- Robustheit:
 - Fähigkeit eines Systems, Veränderungen ohne Anpassung seiner anfänglichen stabilen Struktur standzuhalten
 - Beispiel: Schwanz eines Seepferdchens
 - Anwendung: Greifarm

Feinfühligkeit Roboterhand:

- Vorbild menschliche Hand:
 - Eigenschaften:
 - Nachgiebig durch elastische Hautoberfläche
 - Außenwahrnehmung
 - Eigenwahrnehmung
 - Funktion: kontrollierte Bewegung und sicheres Greifen
 - Roboterhand:
 - Aufbau: Gelöste Gelenke, weiches Material, Muskeln aus Dynamixel Servo, Steuerung mittels Datenhandschuh
 - Wahrnehmung: Winkelsensoren, Taktile Sensoren, Kraft- und Momentsensoren
 - Anwendung in Medizintechnik:
 - Greifer
 - Minimal-invasive Eingriffe
 - OP-Roboter
 - Prothesen

