

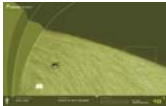

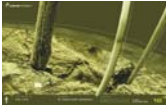
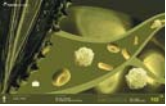
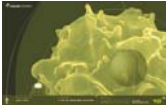


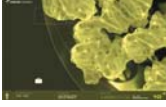



Route »Ego-Trip«

Reiseführer-Infos zu den Etappen der virtuellen Erlebnisreise
in den Mikro- und Nanokosmos www.nanoreisen.de



Inhalt der Route Ego-Trip

Hinweis zur Benutzung: Über das Inhaltsverzeichnis können Sie zu den einzelnen Kapiteln springen und durch Klicken auf das Nanoreisen-Logo gelangen Sie zurück zur Übersicht.

Vorschau		Reisegröße	Etappe	Seite
	10^{-1} m	10 cm Zentimeter	Rodeo in der Savanne	4
	10^{-2} m	1 cm Zentimeter	Raubtierfütterung in Transilvanien	7
	10^{-3} m	1 mm Millimeter	Im tropischen Haarwald	9
	10^{-4} m	0,1 mm Millimeter	Rush-Hour im Kapillarsystem	12
	10^{-5} m	10 μ m Mikrometer	T-26 in geheimer Mission	14
	10^{-6} m	1 μ m Mikrometer	Besuch in der Zentralstation	16
	10^{-7} m	0,1 μ m Mikrometer	Im Chromatin-Dickicht	18
	10^{-8} m	10 nm Nanometer	Erlebnispark – Helix-World	20
	10^{-9} m	1 nm Nanometer	Schnorcheln im Genpool	22
	10^{-10} m	0,1 nm Nanometer	Schwerelos im Wolkenorbital	24
	10^{-11} m	10 pm Picometer	Boxenstopp beim Elektronen-Rennen	27

	10^{-12} m	1 pm Picometer	Auf der Suche nach neuen Welten	29
	10^{-13} m	0,1 pm Picometer	Auf dem Weg zur ultimativen Kraft	31
	10^{-14} m	10 fm Femtometer	Protonen-Ballett im Kernkraftwerk	32
	10^{-15} m	1 fm Femtometer	Gala-Dinner mit Feuerwerk	35
Impressum Bildnachweis				37

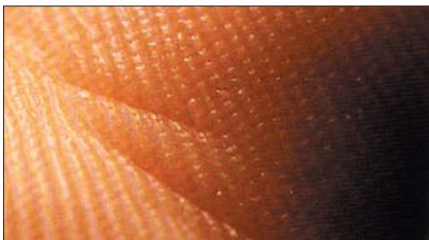
Route: **Ego-Trip**

 Etappe: **Rodeo in der Savanne**


Größenvergleich:

1m : 10 cm

Ø Erde : Länge Deutschlands



Die Haut schützt uns vor Verletzung, Austrocknung und UV-Strahlen.

Die Haut

Die Haut ist das größte Organ des Körpers. Sie hat eine Oberfläche von etwa zwei Quadratmetern und wiegt elf Kilogramm. Die Haut schützt vor Verletzung, Austrocknung und UV-Strahlen. Sie dient der Regulation der Körpertemperatur. Bei Hitze wird Schweiß auf der Oberfläche verdunstet und bewirkt eine Abkühlung.

Die Haut übermittelt Sinneseindrücke wie Druck, Schmerz, Berührung und Temperatur. Das in der Haut gebildete Vitamin D wird für den Knochenaufbau benötigt, da es die Kalziumaufnahme ins Blut fördert.

Der Alterungsprozess der Haut wird durch das Nachlassen aller Zellaktivitäten bedingt. Kollagene und elastische Fasern werden vermindert, die Haut wird faltig und schlaff. Weniger Fett in der Lederhaut lässt die Haut trockener und empfindlicher werden. Die Melaninproduktion wird unregelmäßig und es entstehen Pigmentflecken.

Der Sonne entgegen



In der Industrie von großem Interesse: **Wie zieht eine Creme bzw. Emulsion in die menschliche Haut ein?** Die blau eingefärbte Emulsion liegt in der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme auf den obersten Hautschichten. Hier wird beispielsweise untersucht, wie tief die Wirkstoffe der Emulsion in die Haut transportiert werden und wie lange sie ihrer pflegenden oder schützenden Aufgabe nachkommen. Die Wirkung von Sonnenschutzcremes lässt leider meist allzu rasch nach. Bei derartigen Emulsionen werden verschiedene Strategien verfolgt: Chemische Filter wandeln die schädliche UV-Strahlung durch Absorption um. Zum anderen gibt es physikalische Filter, die auf Zugabe von bestimmten Mineralien beruhen. Diese können die Reflexion der Haut erhöhen.

Ihre schützende Funktion erhält die Haut allerdings vor allem durch ihre Regeneration, bzw. durch permanent nachwachsende Hautzellen (Keratinocyten).

Die Haut im Modell



Schematischer Querschnitt der Haut und ihr komplexer Aufbau

Die obersten Hautschichten werden Epidermis genannt. Diese besteht aus dem sog. Stratum corneum und dem Stratum basale. Das Stratum Corneum stellt eine natürliche Barriere gegenüber der Außenwelt dar. Darunter im Stratum basale werden neue Zellen durch Zellteilung gebildet. Diese Keratinocyten stellen den größten Anteil an der Epidermis dar und können sich zu Corneozyten weiterentwickeln (differenzieren). Unter der Epidermis liegt die Dermis. Sie erfüllt eine stabilisierende Aufgabe und sorgt für die Elastizität der Haut (Kollagen-Elastin-Retikulin-Fasern). Die unterste Schicht der Haut ist die Subcutis. Sie ist der Energiespeicher und regelt den Wärmehaushalt. Eingebettet in diese Schichtstruktur finden sich Haare, Schweiß- und Talgdrüsen.

Die Stechmücke (Culex Pipiens)



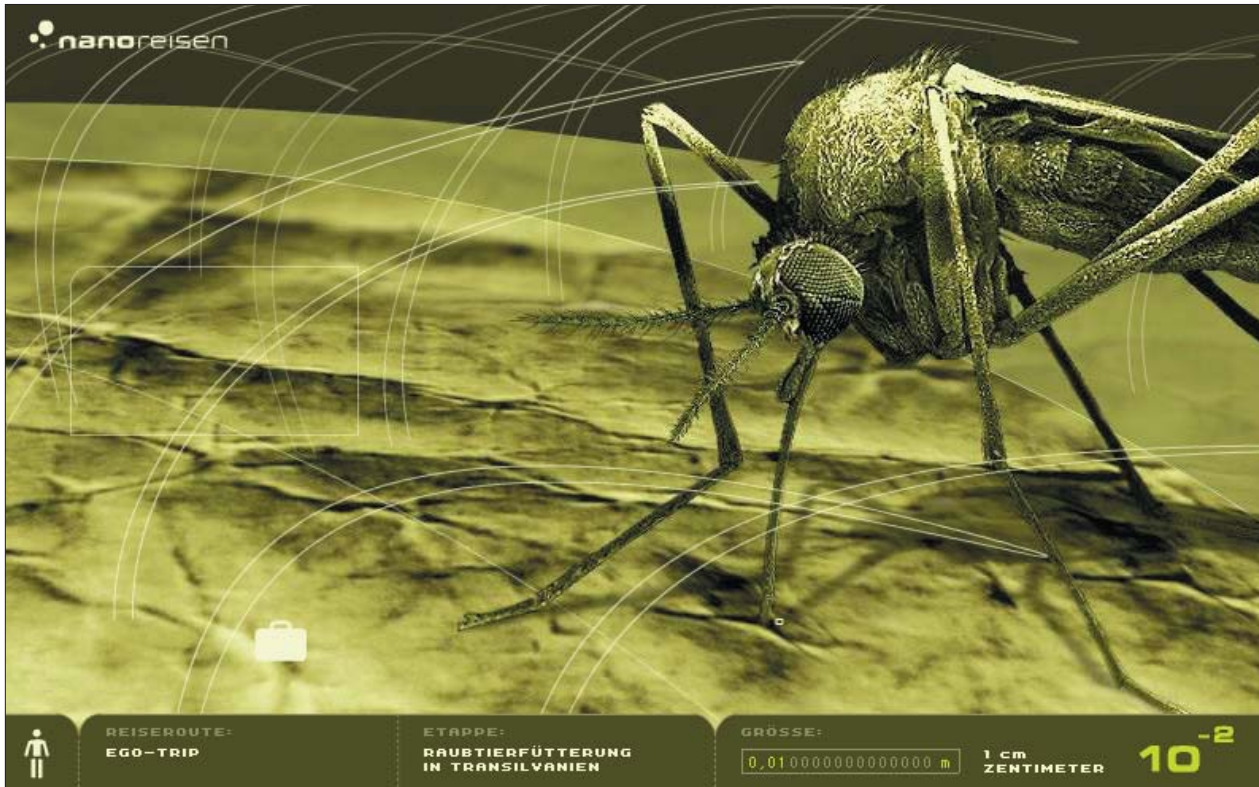
Die Culex Pipiens ist eine der häufigsten mitteleuropäischen Stechmücken. Die begatteten Weibchen überwintern in kühlen Räumen und legen im Frühjahr 40 – 400 Eier auf Wasseransammlungen.

Die Larven hängen mit einem Haarkranz am Atemrohr des vorletzten Hinterleibsegments senkrecht an Wasseroberflächen und lassen sich nur bei Gefahr absinken. Sie fressen Algen und organische Zerfallsstoffe. Verpuppung nach ca. 3 Wochen.

Auch die dicken kommaförmigen Puppen hängen an der Wasseroberfläche. Die Weibchen müssen zur Eireifung Blut saugen und orientieren sich beim Aufsuchen von Warmblütern an der Zunahme von Temperatur, Feuchtigkeits- und Kohlendioxidgehalt der Luft in deren Nähe.

Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Raubtierfütterung in Transilvanien**

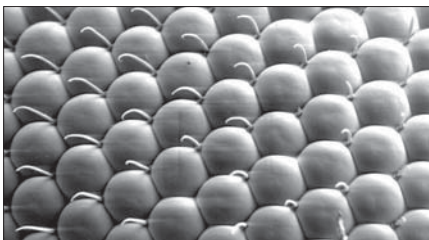


Größenvergleich:

1m : 1 cm

Ø Erde : Länge Korsikas

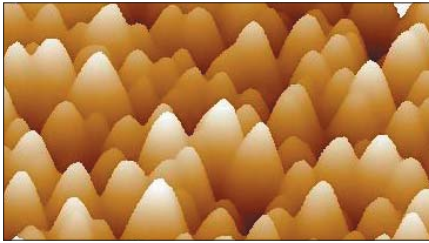
Die Welt mit Insektenaugen sehen



Das Facettenauge besteht aus vielen Einzelaugen, die aus einer Chitinlinse, einem Kristallkegel und einer Gruppe von Sinneszellen bestehen. Jedes Einzelauge nimmt einen bestimmten Teil der Umwelt wahr. Das Gehirn setzt diese Einzelbilder wie ein Mosaik zu einem Gesamtbild zusammen.

Je mehr Einzelaugen ein Insekt besitzt, desto schärfer ist das Bild. Die Anzahl der Einzelaugen wird durch die Lebensbedingungen bestimmt z. B. lebt der Ohrwurm, der mit 270 Einzelaugen nicht mit der Libelle mit 28.000 Einzelaugen gleichziehen kann, großteils im Dunkeln.

Was haben Motten damit zu tun?



Eine künstliche Mottenaugenstruktur mit dem Rasterkraftmikroskop abgebildet.

Die einzelnen Facetten von nachtflegenden Insekten weisen noch eine Nanostrukturierung auf. Mehr oder weniger regelmäßige Strukturen, die kleiner sind als die Lichtwellenlänge, ergeben einen erstaunlichen Effekt: Sie erhöhen die Menge des durchgelassenen Lichtes, die Transmission also die Transmission, und verringern die Reflexion. Für »Nachtschwärmer« ist dieser Effekt besonders vorteilhaft, da dadurch die Empfindlichkeit ihrer Augen erhöht wird. Der Mensch macht sich diese sog. Mottenaugenstruktur ebenfalls als Antireflexbeschichtung bzw. Entspiegelung zu nutze.



Audi TT Cockpit links ohne und rechts mit Antireflexbeschichtung.

Anwendung findet eine solche Beschichtung in einem Audi TT Cockpit: Die Instrumentenanzeige ist perfekt entspiegelt ohne störende Reflexe. Rechts mit Mottenaugenstruktur und links ohne.

Faltiges Gebirge



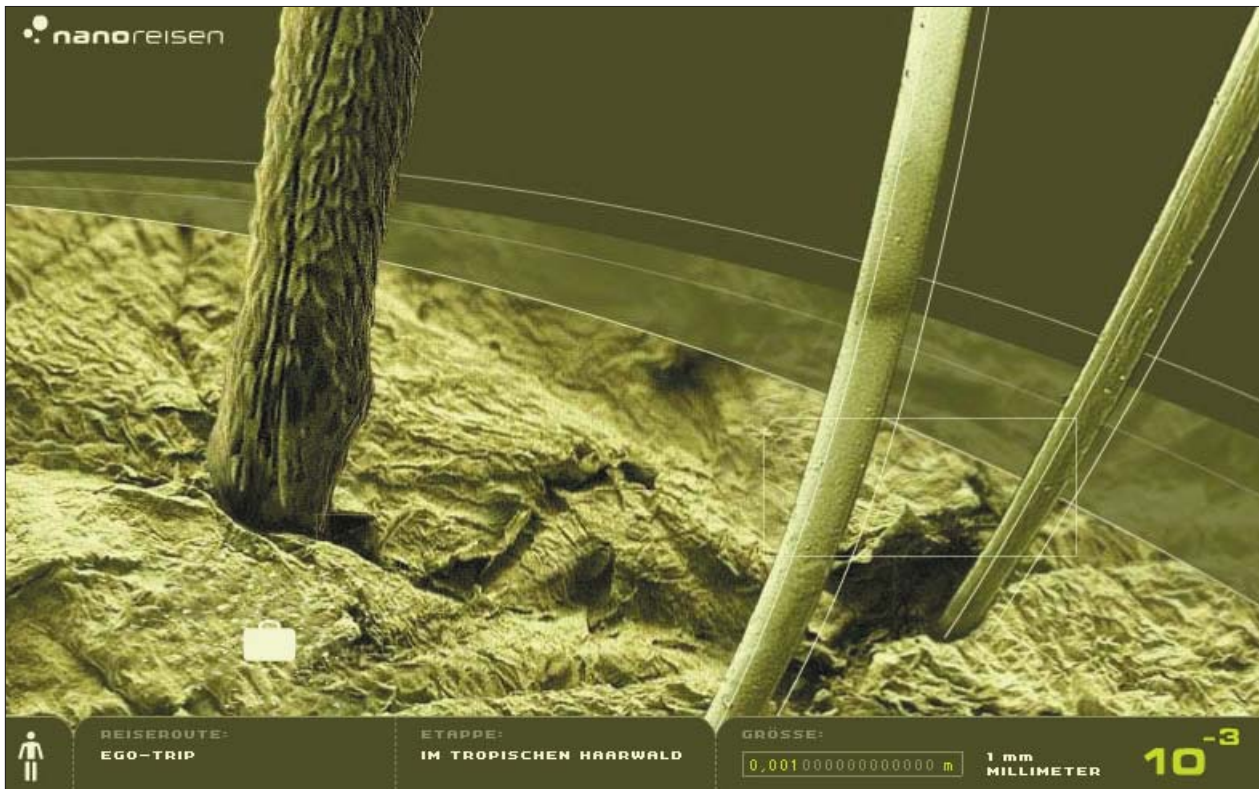
EM-Aufnahme des Haaraustritts

Die obersten Schichten der Haut stellen eine natürliche Barriere dar, um eindringende Substanzen und somit Schädigungen der Haut zu vermeiden. Dieser Teil der Epidermis besteht aus Corneozyten, die wie Ziegelsteine in eine Matrix aus Lipiden eingebettet sind. Corneozyten sind bereits abgestorbene Zellen.

Jedoch muss die Haut auch eine gewisse Durchlässigkeit besitzen. Es gibt verschiedene natürliche Wege, um dieses Hindernis zu überwinden: Interzellulär, also zwischen den Zellen hindurch, oder transzellulär, d. h. durch die Zellen hindurch. Ein weniger offensichtlicher Weg führt über die Haaraustrittsstellen durch die Follikel der Haare.

Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Im tropischen Haarwald**

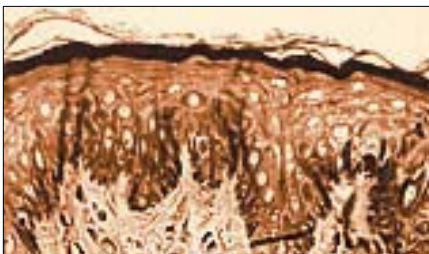


Größenvergleich:

1m : 1 mm

Ø Erde : Höhe Mount Everest

Die Haut als schützende Barriere



Querschnitt durch die Haut, elektronenmikroskopische Aufnahme. Bestimmte **Nanopartikel** können die Haut nicht durchdringen und bleiben an ihr haften.

Querschnitt durch die Haut, elektronenmikroskopische Aufnahme. Bestimmte Nanopartikel können die Haut nicht durchdringen und bleiben an ihr haften.

Je nach Produkt ist ein Eindringen in die Haut mehr oder weniger erwünscht. Während die Handlotion einziehen soll, ist bei der Sonnencreme, zumindest für die UV-schützenden Bestandteile, ein Einziehen eher unerwünscht, da dies die schützende Wirkung aufhebt.

Moderne Sonnenschutzmittel bedienen sich der Nanotechnologie: Bestimmte Nanopartikel in der Sonnencreme bleiben auf der

Haut und schützen somit wesentlich länger vor den UV-Strahlen, als herkömmliche Mittel. Geeignete UV-Filtermaterialien sind die Minerale TiO₂ oder ZnO. Bringt man solche Materialien in hinreichend fein verteilter Form auf die Haut (Nanopartikel), bleibt die Emulsion transparent und reflektiert UV-Strahlen. Solche Nanopartikel können in einer geeigneten chemischen Umgebung länger als herkömmliche Schutzmittel den UV-Schutz aufrechterhalten. Das Bild zeigt die Haut im Querschnitt nach Behandlung mit der Nano-Sonnenschutzcreme: die Partikel bleiben an der Oberfläche. Die hautpflegenden Substanzen hingegen dringen ungehindert ein.

Haarig...



Haare entstehen durch eine punktuelle Verhornung der Epidermis. Haare wachsen aus den sog. Haarfollikeln, die in der 6. Schwangerschaftswoche angelegt werden. Ein Mensch besitzt ungefähr 5 Millionen **Haarfollikel**, kann also **maximal 5 Millionen Haare** ausbilden. In der Regel werden aber nicht alle Haarfollikel genutzt, was bei näherer Betrachtung eines Affen ja auch ganz ansehnlich ist. Ein Schimpanse verfügt etwa über dieselbe Anzahl an Haarfollikeln. Jedes Haar besitzt einen **Haarmuskel**, der den Wurzelschaft zusammenziehen kann, um eine **Gänsehaut** zu bilden oder als empfindlicher Sensor dient, um beispielsweise Luftbewegungen zu registrieren. Man unterscheidet zwischen unpigmentierten und pigmentierten Haaren. Zu der ersten Gruppe zählen die fetalen Flaumhaare, die später durch die dickeren pigmentierten, Haare ersetzt werden. Haare haben einen **Durchmesser von 50µm (dünnes Haar) bis 100µm (dickes Haar)**, durchschnittlich sind es etwa 70 µm.

weitere Infos:

>> www.medizinfo.de/hautundhaar

>> www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Anatomie/Workshop/EM/EMHaar.html

Wie die Mücke sticht

Der eigentliche Stich der Mücke schmerzt nicht, man bekommt den Angriff des Insekts gar nicht mit. Das liegt am Aufbau des Saugapparates. Der Stechrüssel hat eine rundherum **fein gezackte Oberfläche** und ritzt die Haut nur an wenigen Stellen ein. Daher werden auch nur recht wenige Nervenzellen getroffen, die einen Schmerzreiz weitergeben könnten.

Dieses Prinzip macht sich übrigens auch die Medizintechnik zu Nutze. Neu entwickelte **Spritzen**, die weniger Schmerzen beim

Einstechen verursachen sollen, haben eine ganz **ähnliche Oberfläche wie der Stechrüssel** von Mücken. Nach dem Stich mit dem Stechrüssel spritzt die Mücke zuerst einmal Speichel in die Haut. Dieser **Speichel** hat Inhaltsstoffe, die dafür sorgen, dass **das Blut nicht gerinnt**. Die Mücke kann dadurch locker schlemmen, ohne dauernd neu zustechen zu müssen. Denn sobald das Blut gerinnen würde, wäre die Quelle versiegt. Aber die Mückenspucke hat noch eine Wirkung: Sie betäubt die Einstichstelle, damit das Opfer nichts merkt. Schmerzfremde Stechapparatoberfläche und Betäubungsmittel – die Tierchen sind doch sehr rücksichtsvoll. Nun, im Prinzip ja, wenn da nicht der Juckreiz wäre. Die Inhaltsstoffe der Mückenspucke lösen an der Einstichstelle eine leichte allergische Reaktion aus. Dadurch schüttet der Körper so genannte Histamine aus, welche die kleine Schwellung und den Juckreiz verursachen.

weitere Infos:

>> www.tk-logo.de

Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Rush-Hour im Kapillarsystem**



Größenvergleich:

1m : 0,1 mm

Ø Erde : Länge Rheinbrücke

Ein ganz besonderer Saft

Blut setzt sich aus Blutplasma und den Blutkörperchen zusammen. Das Blutplasma transportiert unter anderem Kohlendioxid, aber auch viele Nährstoffe. Die **roten Blutkörperchen** (Erythrocyten) sind für den Transport des Sauerstoffes verantwortlich. Dies geschieht über den roten Blutfarbstoff, dem **Hämoglobin**. Die ca. doppelt so großen, **weißen Blutkörperchen** (Leukozyten) dienen dem Immunsystem, z. B. zur Produktion von Antikörpern oder als Fresszelle. Die **Blutplättchen** sind ein weiterer Bestandteil der Blutkörperchen. Sie sind bei der Wundheilung von entscheidender Bedeutung. Ihr Aussehen ändert sich bei der Blutgerinnung von platt nach rundlich, wobei bestimmte Eiweißstoffe aus dem Blutplasma das Verschließen der Wunde unterstützen.

Diese Eiweißstoffe werden Blutgerinnungsfaktoren genannt, wobei zwischen 13 Faktoren unterschieden wird. Ein wichtiger und wohl bekannter Blutgerinnungsfaktor ist Fibrinogen. Blutplasma ohne Fibrinogen bezeichnet man als Blutserum.

Blutzusammensetzung

Der Anteil der zellulären Bestandteile des Blutes wird **Hämatokritwert** genannt. Er liegt bei gesunden Menschen zwischen 37 – 50 %. Die roten Blutkörperchen machen davon den größten Anteil von über 90 % aus. Der Hämatokritwert kann durch Doping angehoben werden, über 50 % sind allerdings nicht erlaubt. Bei zu hohen Werten, bzw. zu dickem Blut besteht die Gefahr einer Thrombose. Zu niedrige Werte sind auf Eisenmangel zurückzuführen.

Gestatten, mein Name ist E. Coli



Elektronenmikroskopische Aufnahme eines E. Coli Bakterium.

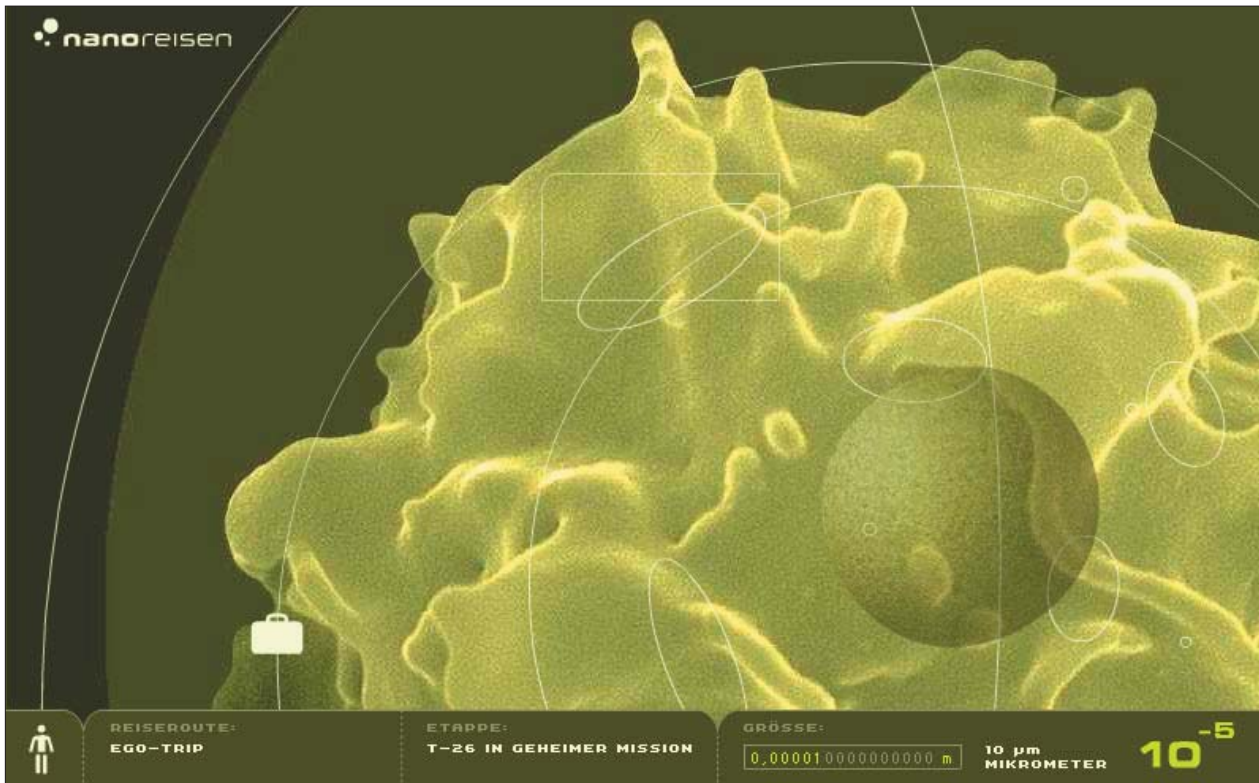
Escherichia Coli ist ein stäbchenförmiges Bakterium mit einer Länge von 2 – 4 µm und einem Durchmesser von 1 µm (0,001 mm). Es tritt natürlicherweise als **harmloser Bewohner** des menschlichen Darms auf. E. Coli ist eines der wichtigsten Untersuchungsobjekte der Mikrobiologie, Biochemie und Gentechnologie und **der am besten bekannte Organismus**. Es wird zur biotechnischen Produktion von Pharmazeutika, Nahrungsmittelzusatzstoffen u. a. in großtechnischen Anlagen (Fermentern) eingesetzt.

Da E. Coli auch eine gewisse Zeit außerhalb des Darmes überlebt und sich leicht nachweisen lässt, dient es als **Indikator für fäkale Verunreinigungen von Trinkwasser und Gewässern**. Auf der einen Seite ist E. Coli also ein normaler Darmbewohner, er kann aber auch schwere Infektionen verursachen.

Bei einem ungewünschten E. Coli-Befall kann es zur E. Coli-Erkrankung, charakterisiert durch Durchfall ggf. mit Fieber und/oder Bauchkrämpfen, kommen. Andere mögliche Krankheitsformen sind: Sepsis, Wundinfektionen, Harnwegsinfektionen, Neugeborenen-Meningitis, Enteritis.

Route: **Ego-Trip**

Etappe: **T-26 in geheimer Mission**



Größenvergleich: 1m : 10 µm
 Ø Erde : Fußballfeld

Trainer der Körperabwehr



Ausschnitt eines weißen Blutkörperchens (EM-Aufnahme).

Dendritische Zellen (DZ) sind weiße Blutkörperchen mit speziellen Abwehraufgaben. Sie besitzen baumartige Auswüchse, die Anlass zu ihrem Namen gaben (dendros = griech. Baum). Ihre Funktion erklärt sich wie folgt: Die aktive Bekämpfung von Eindringlingen erfordert eine **geschulte Armee**. Diese wird repräsentiert durch bestimmte Lymphozyten, den T-Zellen oder auch **T-Killerzellen** genannt. Doch diese Soldaten müssen ihr Handwerk erst erlernen. Diese Aufgabe fällt unter anderem den DZs zu. Sie präsentieren an ihrer Oberfläche die **Antigene**, also die Merkmale der Eindringlinge, wodurch die Killerzellen ihre »Feinde« zu erkennen lernen und eine sog. primäre zytotoxische T-Zellantwort induziert wird.

Das Antigen-Antikörper-Prinzip lässt sich mit dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip** vergleichen. Antikörper können nur an ganz bestimmte Antigene andocken, bzw. eine Bindung eingehen. Daher muss für jeden neuen Eindringling mit neuartigen Antigenen zunächst der passende Antikörper entwickelt werden. Hieraus wird auch klar, warum der Körper eine bestimmte Zeit braucht, bis er in der Lage ist, unbekannte Eindringlinge zu bekämpfen. Die DZ's müssen die neuen Antigene zunächst aufnehmen. In modifizierter Form werden diese Antigene dann an ihren Oberflächen sichtbar. In den Lymphknoten können die nun »gereiften« DZ's die aktuellen Feindinformationen den noch naiven T-Zellen zeigen. Nach diesem Briefing sind die T-Zellen bereit den Kampf gegen die Eindringlinge aufzunehmen.

Die Energielieferanten

Zellen verbrauchen Energie, diese wird in den zelleigenen **Kraftwerken** zur Verfügung gestellt. In eukaryotischen Zellen sind dies die **Mitochondrien** (bei Pflanzen kommen noch die Chloroplasten zur Photosynthese hinzu). Die Mitochondrien »verbrennen« Fettsäuren bzw. Glukose unter Anwesenheit von Sauerstoff (Zellatmung). Die dabei freiwerdende Energie wird als **Adenosintriphosphat (ATP)** gespeichert. In einer Zelle existieren bis zu 1.000 Mitochondrien. Es sind langgestreckte Zellorganellen, die bis zu einigen µm lang werden. Jedes Mitochondrium ist von einer Doppelmembran begrenzt. Die innere Membran erfährt durch Einstülpungen in den plasmatischen Innenraum (Mitochondrienmatrix) eine starke Oberflächenvergrößerung (Lamellenstruktur).

Sie besitzen einen eigenen Proteinsyntheseapparat und ein eigenes Genom. Beides besitzt sonst nur die Zelle, bzw. der Zellkern. Daher vermutet man heute, dass sowohl Mitochondrien als auch Chloroplasten **ursprünglich eigenständige Bakterien** waren, die im Laufe der Evolution eine Symbiose mit den Zellen eingingen (**Endosymbiose**). Heute können wir in den Zellen die Überreste der ehemaligen Symbionten sehen.

Route: **Ego-Trip**

 Etappe: **Besuch in der Zentralstation**


Größenvergleich:

1m : 1 µm

Ø Erde : Breite einer Autobahn

Der Zellspediteur

Das endoplasmatische Retikulum (ER) ist ein **Netz von Membranen**, das das ganze Zytoplasma durchzieht und ständig umgebaut und umgeordnet wird. Das **Hohlraumssystem** ist durch Kanäle nach außen geöffnet und stellt auf diese Weise eine **Verbindung zur Umgebung** der Zelle bzw. zu den Nachbarzellen her. Nach innen bildet es um den Kernraum eine doppelwandige, **von Poren durchsetzte Kernhülle**, über die der Stoffaustausch zwischen Kern und Zytoplasma stattfindet. Das ER wird als **Transportsystem** innerhalb der Zelle betrachtet. An die ER-Membranflächen gebunden findet man Enzyme. So ist das ER auch Ort zahlreicher Stoffumwandlungen (z. B. Abbau von körperfremden Stoffen, wie Medikamenten, Herbiziden).

Ribosomen

Die Ribosomen sind kugelförmige Partikel mit einem Durchmesser von 15 bis 25 nm (0,015 bis 0,025 µm). Sie liegen frei im Zytoplasma oder kettenförmig aneinandergereiht **an den Wänden des ER**. Ribosomen bestehen aus Ribonukleinsäuren und Proteinen und sind die **Orte der Eiweißbildung** (Proteinsynthese) in der Zelle. Hier werden die Eiweißbausteine (Aminosäuren) nach Anleitung der Steuerungszentrale, also des Zellkerns, zu langen Ketten verbunden.

Zur Teilung wird erst aufgeräumt



Ein Chromosom in seinem »spiralisierten« Zustand mit einem Rasterkraftmikroskop abgebildet.

Die DNA liegt im Zellkern in langen Strängen vor. Zur Zellteilung (**Mitose**) wird eine geordnetere Struktur geschaffen. Die langen Stränge der DNA sind an diskreten Stellen an Kernproteine, den **Histonen** gebunden, so dass sie eine Art Perlschnur bilden. Diese Perlschnur wird **Chromatinfaden** genannt, der sich dann in einer komplexen Struktur aufwickelt.

Eine Übergangsphase der Mitose wird **Metaphase** genannt (mittlere Phase). Die **Chromosomen** in dieser Phase nennt man entsprechend Metaphasechromosomen. Abbildungen von Chromosomen stammen immer aus dieser Phase, da sie sonst nur schwer abzubilden (anzufärben) sind. Hier liegt die bekannte **X-ähnliche Struktur** der Chromosomen vor. Diese entsteht, wenn zwei aufgewickelte Chromatinfäden an einem Punkt, dem Centromer miteinander verknüpft werden (Zwei-Chromatiden-Chromosom). Für die Mitose ordnen sich die so kondensierten DNA-Stränge in einer Ebene, der **Äquatorialebene**, an.

weitere Infos:

>> de.wikipedia.de (Stichwort Chromosom)

Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Im Chromatin-Dickicht**



Größenvergleich: 1m : 0,1 µm
 Ø Erde : Armlänge

DNA-Doppelhelix im Chromatinfaden

Chromatin besteht aus DNA-Strängen und verschiedenen Proteinen. Sein Name, **Chroma**, (**griech.: Farbe**) leitet sich von der Tatsache ab, dass sich das Chromatin für mikroskopische Zwecke anfärben lässt.

Jede Zelle trägt die gesamte Erbinformation in ihrem Zellkern, kodiert in der Abfolge von Basenpaaren auf dem DNA-Strang. Dieser Strang ist beim Menschen insgesamt etwa 2 Meter lang und ist im Zellkern verstaut. Doch wie lässt sich ein derart langer Faden in einen nur wenige Millionstel Meter großen Zellkern verstauen?

Das Geheimnis liegt im Chromatin, welches die DNA in mehreren Stufen aufwickelt. Die Kernproteine oder Histone dienen dabei als positiv geladene Ankerpunkte für die negativ geladene DNA. In einem ersten Schritt wird die DNA in zwei Windungen um ein »Nucleosom« gewickelt. Das Nucleosom besteht wiederum aus 8 verschiedenen Histonmolekülen.

Die daraus entstehende **Perlschnur** ordnet sich in einer weiteren Superstruktur, dem Solenoid, an. Dabei spielt ein weiteres Histon eine entscheidende Rolle. Es sorgt dafür, dass sich benachbarte Nucleosomen zu einer ca. 30 nm dicken **Chromatinspirale** zusammen lagern.

weitere Infos:

>> www.aum.iawf.unibe.ch (**www-Module / Molekularbiologie**)

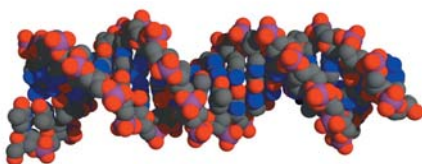
Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Erlebnispark – Helix-World**



Größenvergleich: 1m : 10 nm
 Ø Erde : Grapefruit

Grundbausteine des Lebens



Molekülmodell der DNA

DNA (desoxyribose nucleic acid) bzw. **DNS** (Desoxyribonukleinsäure) ist die Bezeichnung der chemischen Substanz, aus der die Gene bestehen. Die DNA ist aus zwei Strängen aufgebaut. Diese sind an diskreten Stellen miteinander verknüpft, **wie die Sprossen einer Leiter**. Die Gesamtstruktur ähnelt daher einer Strickleiter, die in sich gewunden ist.

Die Sprossen der Leiter bestehen jeweils nur aus zwei verschiedenen Basenpaaren, **Adenin** und **Thymin**, bzw. **Guanin** und **Cytosin**. Diese vier Bausteine sind komplementäre Basenpaare, wobei jeweils nur A und T bzw. G und C eine Bindung eingehen können. Der molekulare Aufbau erscheint dabei recht einfach: Jeweils zwei komplementäre DNA-Stränge sind miteinander verbunden.

Die sich gegenüberliegenden Basenpaare sind wiederum jeweils an ein **Zuckermolekül** gebunden. Dieses Zuckermolekül besteht aus 5 Kohlenstoffatomen (Pentose) und wird als Desoxyribose (C₅-H₁₀-O₄) bezeichnet. Jeweils zwei Zuckermoleküle werden über eine **Phosphorsäure** miteinander verbunden (verestert). Dadurch entsteht eine lineare Struktur, die einer Strickleiter ähnelt, die in sich **schraubenförmig gewunden** ist.

Die molekulare Struktur der DNA erkannte zunächst **P. A. Levene, 1920**, der die grundlegende Zusammensetzung aus organischen Basen, Zucker und Phosphorsäure nachwies, die räumliche Struktur der DNA wurde 1953 von **Watson und Crick** aufgeklärt (**Nobelpreis 1962**).

Die genetische Information ist in der Abfolge der **Basenpaarsequenzen** codiert, wobei für die Speicherung des Bauplanes eines bestimmten Proteins immer ein gewisser Abschnitt der DNA nötig ist. Ein solcher Abschnitt (Sequenz) wird als Gen bezeichnet. Der Mensch besitzt **ca. 40.000 Gene**.

Route: **Ego-Trip**

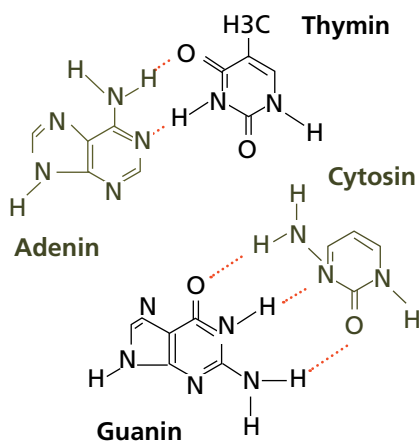
Etappe: **Schnorcheln im Genpool**



Größenvergleich:

1m : 1 nm

Ø Erde : Haselnuss



Paarweise verschlüsselt

Die beiden Basen Adenin und Thymin können an zwei Stellen eine relativ lockere Bindung eingehen (Wasserstoff-Brückenbindung). Guanin und Cytosin hingegen bilden drei Wasserstoffbrücken aus. Eine **Wasserstoff-Brückenbindung** ist eine relativ schwache Verbindung zweier Moleküle, die sich gemeinsam ein Wasserstoffatom teilen (sie sorgen dafür, dass Wasser flüssig ist).

Da die Anbindung der Basenpaare spezifisch ist, kann die Information einer **Sequenz** durch Bildung eines komplementären DNA-Strangs übertragen werden. ATGCGG würde beispielsweise in TAACGC übersetzt werden.

Schema der zwei Basenpaare

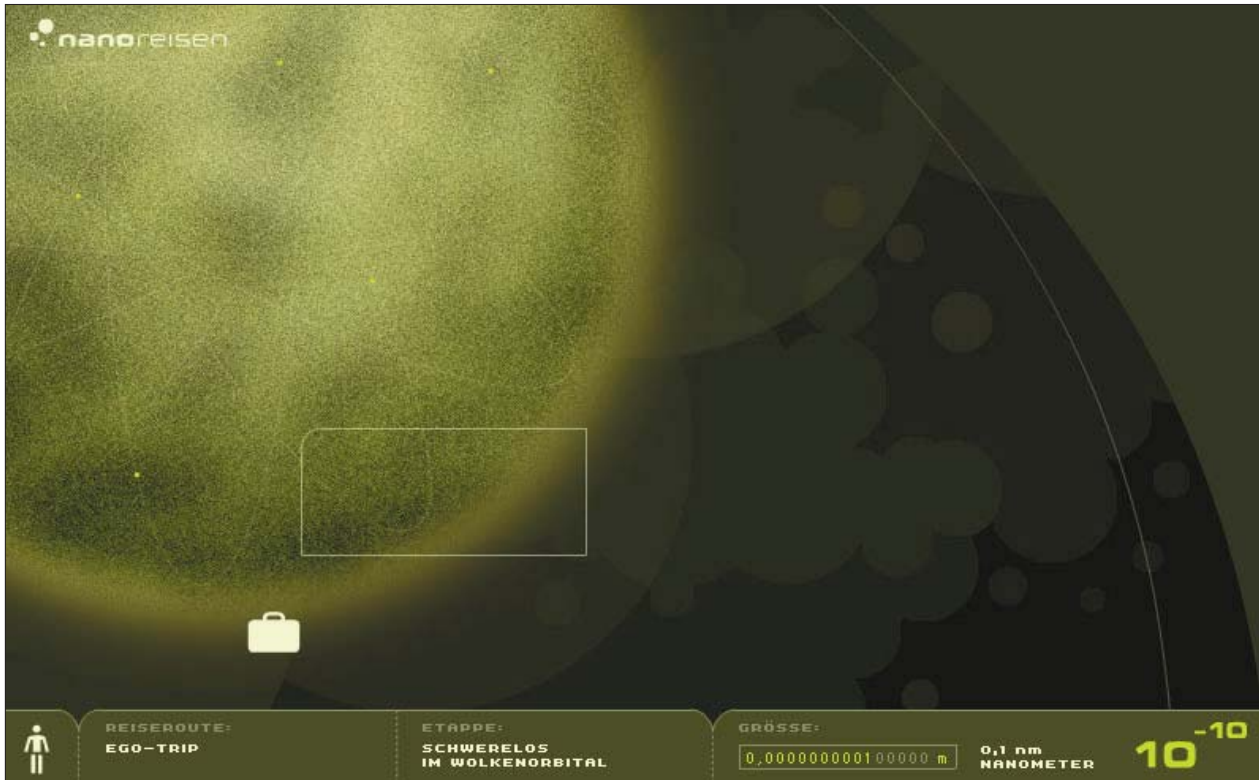
Der Bote aus dem Zellkern

Die Sequenzen der Basenpaare enthalten den Bauplan zur **Proteinsynthese** (Gene). Die Ribosomen der Zellen sind dabei die Proteinfabrik. Sie erhalten ihre Information durch einen Boten, der mRNA (**messenger RNA**). Die mRNA liest zunächst die DNA ab, indem sie die dazu komplementäre Basenabfolge aufbaut. Allerdings wird bei der RNA statt Thymin **Uracil** verwendet.

Die Information der mRNA wird dann in einem Ribosom abgelesen. Das Ribosom verknüpft dann gemäß der Abfolge der Basenpaare auf der mRNA Aminosäuren miteinander. Das dadurch entstehende Molekül ist ein Protein, welches dann eine bestimmte Aufgabe im Körper übernimmt. Proteine übernehmen im Körper vielfältige Funktionen, wie beispielsweise als **Enzym** zur Beschleunigung einer chemischen Reaktion oder als **Hormon** zur Steuerung von Körperfunktionen. **Protein** bedeutet soviel wie »erstes« oder »wichtigstes« (von griech. protos), was seine herausragende Bedeutung für Organismen unterstreicht.

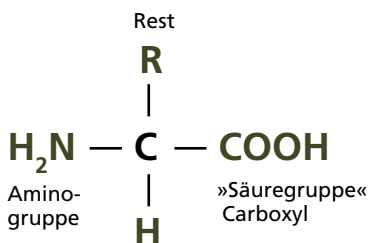
Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Schwerelos im Wolkenorbital**



Größenvergleich: 1m : 0,1 nm
 Ø Erde : Erbse

Kohlenstoff, Element des Lebens



Schema einer Aminosäure

Kohlenstoff ist das wichtigste Element aller organischen Verbindungen und Grundlage allen biologischen Lebens auf der Erde. Grund dafür ist die erstaunliche Eigenschaft des Kohlenstoffs, lineare Verbindungen, aber auch komplexe Netzwerke bilden zu können. Die 20 grundlegenden (biogenen) **Aminosäuren** werden aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff aufgebaut. Sie sind wiederum die Grundlage für alle **Proteine**, die eine entscheidende funktionelle Bedeutung in Organismen besitzen. Ohne den Kohlenstoff wäre der Bau dieser hochkomplexen Makromoleküle nicht möglich. Die 20 essentiellen Aminosäuren kann der Organismus nicht selber herstellen und müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden.

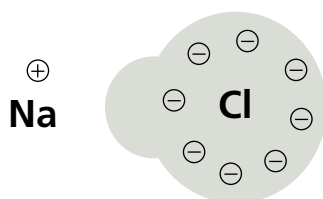
Ein Kohlenstoffatom bindet an vier verschiedene Nachbarn: eine Aminogruppe, eine Carboxylgruppe (Säure), ein Wasserstoffatom und an einen Rest. Im einfachsten Fall besteht der Rest aus einem H-Atom. Dies ist die einfachste Aminosäure Glycin. Alanin besitzt als Rest eine Methylgruppe, also ein weiteres Kohlenstoffatom mit drei H-Atomen. Derartige Moleküle werden als »**chiral**« bezeichnet, wobei das Kohlenstoffatom als chirales Zentrum wirkt. Das versteht man wie folgt: Je nachdem wie die vier Gruppen räumlich angeordnet werden, kann man zwei zueinander spiegelbildliche Moleküle konstruieren, ein »**linkshändiges**« und ein »**rechtshändiges**«, welche als **Enantiomere** bezeichnet werden. Bei der Synthese im Labor entstehen meist beide Formen als Gemisch (das sog. Racemat), die Natur hingegen stellt immer nur die L-Form her und nie die R-Form. Der Grund liegt in der großen Spezifität der Enzyme, d. h. sie unterscheiden zwischen den beiden Enantiomeren »L« und »R«. Eine Vermutung ist, dass die L-Symmetrie mit den ursprünglichen Aminosäuren durch einen Kometen auf die Erde kam und seither beibehalten wurde.

Atomos – das Unteilbare

Atome sind die kleinsten Bausteine der chemischen Elemente, so dass diese noch ihre charakteristischen Eigenschaften besitzen. Atomos (griechisch) bedeutet unteilbar, was sich allerdings als unrichtig herausstellte. Atome bestehen aus einem Atomkern und einer Hülle aus Elektronen, die in Schalen um den Kern angeordnet sind. Es gibt dabei genauso viele negativ geladene Elektronen wie positive Protonen im Atomkern. Damit ist ein Atom aus hinreichender Entfernung betrachtet **elektrisch neutral**. Teilt man ein Atom, wie z. B. bei der Kernspaltung, ergeben sich zwei Atome mit ganz anderen chemischen Eigenschaften. Atome können sich miteinander zu Molekülen verbinden. Die Verbindung zweier Atome kann auf drei verschiedene Arten erfolgen. Man unterscheidet zwischen der **kovalenten**, der **ionischen** und der **metallischen** Bindung.

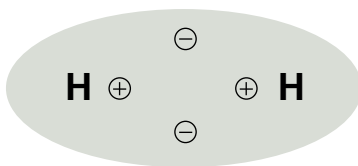
Die ionische Bindung

Einen vorwiegend ionischen Bindungscharakter haben Atome mit einer stark unterschiedlichen Anzahl an Valenzelektronen, d. h. Elektronen der äußeren Schale, die an einer Bindung teilnehmen. Kochsalz (NaCl) ist ein Beispiel für eine solche Bindung: Natrium besitzt nur ein Valenzelektron, welches leicht abgegeben wird und Chlor besitzt hingegen sieben, ist somit bestrebt, noch ein weiteres Elektron aufzunehmen (nämlich das des Natriums). Natrium ist dann einfach positiv geladen und Chlor einfach negativ.



Eine besonders stabile Elektronenkonfiguration ergibt sich immer bei abgeschlossenen Elektronenschalen. Dieses ist der Fall bei 2, 8, 18 oder 32 Elektronen, je nach Element. Die zwei leichtesten Elemente füllen die erste Periode des Periodensystems der Elemente, da die erste Schale maximal zwei Elektronen fasst. Die zweite Schale kann bis zu 8 Elektronen fassen (2+6), die dritte kann 18 (2+6+10) und die vierte bis zu 32 (2+6+10+14) Elektronen aufnehmen. Dies erklärt unter anderem die außerordentlich große Stabilität der Edelgase (Helium, Neon, Argon...). Sie haben von Natur aus eine abgeschlossene Schale (Helium hat 2, die anderen jeweils 8 Valenzelektronen) und sind damit »inert«, also nicht reaktiv und gehen auch keine Bindung untereinander oder mit anderen Elementen ein. Wasserstoff hätte gerne zwei Elektronen, um seine Schale abzuschließen. Chlor hingegen besitzt bereits 7, hätte aber gerne 8. Bei Natrium wurde gerade eine neue Schale begonnen. Daher ist es einfacher, das einsame Elektron der neu angefangen Schale abzugeben als 7 weitere hinzu zu gewinnen. Dies ist der Grund warum sich Natrium und Chlor so gut verstehen. Chlor möchte gerne ein weiteres Elektron hinzugewinnen und Natrium würde gerne eines loswerden. Wasserstoff geht kovalente Bindungen mit seinesgleichen ein (um zwei Elektronen zu besitzen) oder er gibt sein eines Elektron einem anderen Atom in einer ionischen Partnerschaft, wie beispielsweise dem Chlor. Diese Verbindung (HCl) ist allerdings unbedingt zu meiden, denn es handelt sich um die ätzende Salzsäure. Die weiter »oben« liegenden Schalen mit jeweils 10 oder 14 Elektronen werden von den schweren »Nebengruppenelementen« aufgefüllt. Die 10er Orbitale gehören zu Metallen wie Gold, Silber oder Eisen. Die 14er gar zu Elementen wie Uran oder Plutonium.

Die kovalente Bindung



Die kovalente Bindung wird bevorzugt **zwischen Atomen desselben Elementes** gefunden, wie z. B. bei elementarem Wasserstoff H-H oder Sauerstoff O-O. Diese Bindung beruht nicht auf der entgegengesetzten Ladung der Bindungspartner, sondern auf der gemeinsamen Nutzung eines oder mehrerer Elektronenpaare.

Die metallische Bindung

Schließlich gibt es noch die metallische Bindung. Diese kommt bei metallischen Festkörpern, wie z. B. bei solidem Eisen vor und beruht auf der vollständigen Delokalisierung von ein bis zwei Valenzelektronen pro Atom. Dies bedeutet, dass die Elektronen sich relativ frei bewegen können und den elektrischen Strom sehr gut leiten. Daher kann man sie theoretisch wie ein ideales Gas beschreiben (ein sog. Fermigas).

Nachbaratomen gestalten. Kohlenstoff besitzt vier Valenzelektronen, die alle energetisch gleichwertig sein können (Hybridorbitale). Diese besondere energetische Konfiguration erlaubt es dem Kohlenstoff, vier gleichwertige Bindungen mit seinesgleichen oder anderen Atomen, wie z. B. Sauerstoff oder Wasserstoff einzugehen. Dadurch kann man mit Kohlenstoffatomen lange Ketten, aber auch komplexe Netzwerke bilden, wie sie für organische Strukturen bzw. Lebewesen notwendig sind.

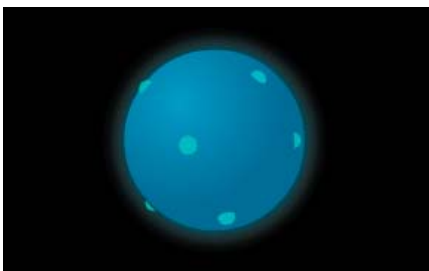
Route: **Ego-Trip**

Etappe: **Auf der Suche nach neuen Welten**



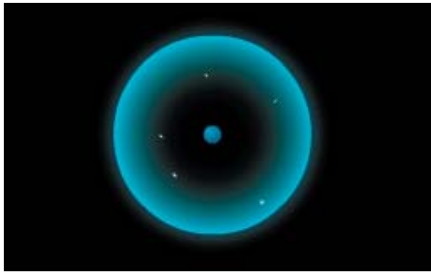
Größenvergleich: 1m : 1 pm
 Ø Erde : Staubpartikel

Materie besteht aus... Nichts



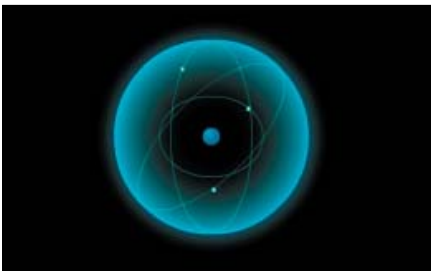
»Rosinenkuchen«-Modell
 J.J. Thomson

Erstaunlicherweise ist ein Atom bei näherer Betrachtung aber fast vollständig leer. Den Beweis dazu erbrachte der Physiker **Ernest Rutherford**, als er 1910 seine Streuexperimente an einer dünnen Goldfolie durchführte. Er verwendete sogenannte Alphateilchen, das sind Heliumkerne, die er auf die Folie schoss. Entgegen den Erwartungen wurden nur wenige Teilchen stark abgelenkt. Bis zu diesem Zeitpunkt ging man davon aus, dass ein Atom aus gleichmäßig verteilten positiven Ladungen besteht, in der die Elektronen »wie Rosinen im Kuchen« stecken würden. Die Abbildung zeigt diesen Rosinenkuchen.



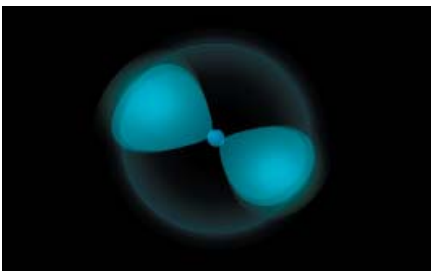
Rutherford'sches Atommodell

Aufgrund der Versuche von Rutherford wurde aber schnell klar, dass die Materie im Wesentlichen aus »Nichts« besteht. Ein sehr kleiner Atomkern befindet sich in einem ansonsten fast leeren Atom.



Bohr'sches Atommodell

Atome sind wenige Angström groß (das sind zehntel Nanometer) und in ihrem Zentrum befinden sich die Atomkerne, die fast die gesamte Atommasse in sich vereinen. Ihre Größe ist allerdings um das ca. 100.000 fache kleiner als die des Atoms. Atome kann man somit mit unserem Sonnensystem vergleichen. Die Sonne vereint ebenfalls fast die gesamte Masse des Systems, welches ebenfalls fast nur aus dem leeren Raum besteht. Dies führte zum **Bohr'schen** Atommodell.



Orbital-Modell
Schrödinger

Die Elektronen kreisen auf diskreten Bahnen um den Kern, doch auch dieses Modell erwies sich als **falsch**. In der modernen Vorstellung sind die Elektronen über das Atom »verschmiert« (Orbitale) und der »Leere Raum« ist angefüllt mit Vakuumfluktuationen und »virtuellen« Teilchen. Hierbei handelt es sich um quantenmechanische Phänomene.

Einen Bildschirmschoner (PC) zum Thema »Elementarteilchen« gibt es bei:

>> www.quarks.de

C12 entspricht dem »normalen« Kohlenstoff mit 6 Protonen und 6 Neutronen. C13 hat ein Neutron und C14 gleich zwei Neutronen mehr. Bei einer zu großen Anzahl an Neutronen werden die Isotope **radioaktiv**, d. h. instabil gegenüber bestimmten Kernreaktionen (z. B. Beta-Zerfall = Neutronenzerfall). **C14** ist bereits ein solch instabiles, aber natürlich existierendes Element, welches auch zur **Altersbestimmung** von fossilen Organismen eingesetzt wird.

Weitere Infos:

www.weltderphysik.de

Was die Welt im Innersten zusammenhält

Protonen und Neutronen bestehen allerdings aus noch viel kleineren Teilchen, den Quarks. Man nimmt an, dass die **Quarks ca. 1000-mal kleiner sind als ein Proton**, doch so ganz genau weiß man das noch nicht. Dies bedeutet, dass Protonen und Neutronen, die aus jeweils drei Quarks bestehen, auch im Wesentlichen »leer« sind.

Es gibt insgesamt sechs verschiedene Quarks: up, down, charm, strange, top, bottom. Aus diesen sechs Quarks ist die gesamte hadronische Materie aufgebaut. **Hadronen**, was soviel wie »stark« bedeutet, besitzen ihre eigene Wechselwirkung, die deswegen »**starke Wechselwirkung**« genannt wird. Zu den Hadronen gehören so prominente Vertreter wie **Protonen** und Neutronen. Diese beiden werden auch gerne **Baryonen** genannt, was soviel wie »schwere Teilchen« bedeutet.

Im Gegensatz dazu gibt es die **Leptonen** (»leichtes Teilchen«). Das prominenteste Lepton ist das Elektron. Die Bezeichnung »leicht« ist historisch bedingt; heute kennt man Leptonen, die erheblich schwerer sind als ein Proton. Zwischen Leptonen existiert im Gegensatz zur den Hadronen nur die sogenannte »**schwache Wechselwirkung**«, eine weitere fundamentale Kraft. Diese ist ca. eine Milliarde Mal schwächer als die starke Wechselwirkung. Diese »schwache« Wechselwirkung wirkt zwischen allen Teilchen und ist z. B. dafür verantwortlich, dass Neutronen sich in Protonen umwandeln können (Beta-Zerfall).

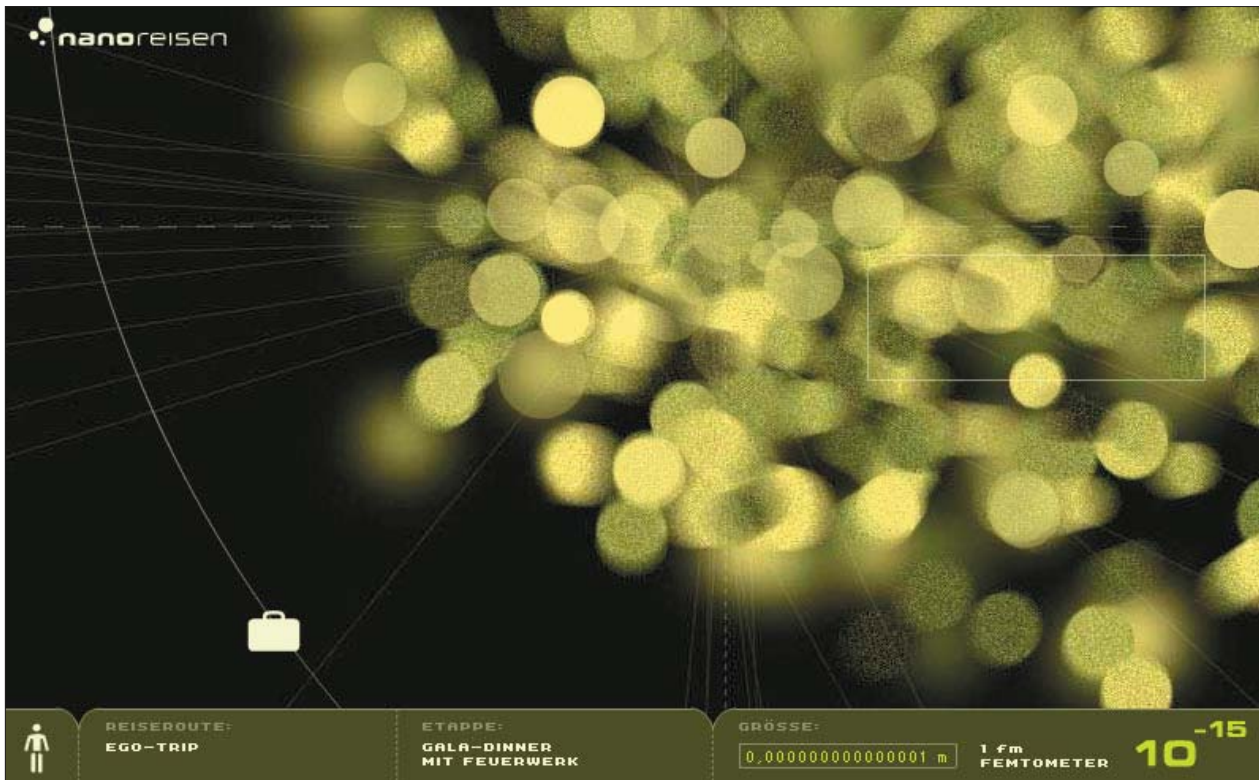
Diese beiden exotischen Wechselwirkungen sind uns im Alltag nicht gegenwärtig. Ihre Reichweite ist enorm kurz und ist auf die Größe des Atomkerns beschränkt. Man kennt heute allerdings vier **fundamentale Wechselwirkungen**. Neben den oben genannten Exoten »stark« und »schwach« gibt es noch die **elektromagnetische Kraft** und die **Gravitation**. In unserem alltäglichen Leben spielen nur diese beiden eine markante Rolle. Die erste sorgt dafür, dass die Materie dazu neigt, sich zusammen zu klumpen

und die festen Stoffe zu bilden, die uns täglich begegnen. Die noch schwächere Gravitation hingegen dominiert auf astronomischer Längenskala. Sie hält den Mond an der Erde, die Erde an der Sonne und macht uns aber auch das Treppensteigen schwer.

weitere Infos:

>> www.quantenwelt.de/elementar

Route: **Ego-Trip**

 Etappe: **Gala-Dinner mit Feuerwerk**


Größenvergleich:

1m : 1 fm

Ø Erde : Proteinmolekül

Ist dies alles, ist da sonst gar nichts mehr?

Je feiner wir die Materie zerstückeln, desto seltsamere Eigenschaften treten dabei zu Tage. Sicherlich zählen die Quarks mit zu den sonderbarsten Dingen in der Physik. Gegenwärtig geht man davon aus, dass es **12 fundamentale Teilchen** gibt. Dazu zählen die sechs **Quarks** (up, down, charme, strange, top, bottom) sowie das **Elektron**, das **Myon** und das **Tauon** und drei **Neutrinos**. Neutrinos sind fast masselose, ungeladene Teilchen, die man nur äußerst schwer nachweisen kann. Neutrinos werden permanent von der Sonne ausgesendet. Diese durchdringen allerdings die Erde ohne mit dieser in Wechselwirkung zu treten, als wäre sie gar nicht da. Quarks treten nie gerne alleine auf, sondern immer zu zweit oder zu dritt. Ein einzelnes Quark hat eine drittelzahlige Ladung (1/3 oder 2/3). Die Quarks wurden 1978 von dem Physiker **Murray Gell-**

Mann postuliert, angelehnt an den Roman »Finnegans Wake« von James Joyce. Dort wird gesagt: »Three quarks for Muster Mark, sure he hasn't got much of a bark, and sure any he has it's all beside the mark.« Ursprünglich nahm Gell-Mann an, dass es lediglich drei Quarks gibt, was seine Auswahl erklärt.

weitere Infos:

>> www.didaktik.physik.uni-erlangen.de (Grundlagen der Teilchenphysik)

Antimaterie

Neben dieser uns bekannten Materie gibt es noch die Anti-materie. Materie und Antimaterie können sich explosionsartig vernichten und zu reiner Energie zerstrahlen. Antimaterie kann in großen Beschleunigern in geringen Mengen künstlich hergestellt werden. So kann man z. B. ein **Antiwasserstoffatom** konstruieren. Dazu benötigt man ein **Antiproton** und ein **Positron**, was so viel bedeutet wie Antielektron. Alles ist dem normalen Wasserstoff gleich, bis auf die Ladung. Das Positron ist ein Elektron mit positiver Ladung und ein Antiproton trägt entsprechend eine negative Elementarladung. Man nimmt an, dass es im Universum heute keine Antimaterie mehr gibt. Eine leichte Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie beim Urknall könnte dafür gesorgt haben, dass die etwas weniger vorhanden gewesene Antimaterie verschwand.

Dunkle Materie?

Neben der uns heute bekannten Materie wird noch die Existenz einer bisher nicht nachgewiesenen Materieform angenommen. So lauten zumindest einige moderne Ansätze. Diese beruhen auf der Tatsache, dass die Bewegung der Himmelskörper nicht mit der uns sichtbaren Materie zu verstehen ist. Daher wird eine »dunkle« Materie postuliert, die bisher nicht nachgewiesen wurde. Dies ist der Grund für die »düstere« Namensgebung, ähnlich der eines schwarzen Loches, welches als »schwarz« bezeichnet wird, weil selbst Licht nicht von ihm entkommen kann. Um die Bewegung der Galaxien zu verstehen, muss der dunkle Bereich sogar dominieren. Genauer betrachtet, muss sie fast **95 Prozent** der Gesamtmasse des Universums ausmachen. Einige Beobachtungen belegen, dass unser Universum beschleunigt expandiert. Eine derartige Beschleunigung kann man nicht verstehen, und man nimmt daher an, dass eine »dunkle« Energie dafür verantwortlich ist. Diese Ansätze sind in der Fachwelt allerdings noch umstritten.

weitere Infos:

>> www.astro.uni-bonn.de
(Physik des Monats: Astrophysik/Dunkle Materie)

Impressum

VDI Technologiezentrum GmbH

Graf-Recke-Straße 84
D-40239 Düsseldorf

Telefon +49 (0) 211 62 14-4 01
Fax: +49 (0) 211 62 14-4 84
E-Mail: info@nanoreisen.de
Web: www.vditz.de



Das Projekt wurde gefördert durch das
Bundesministerium für Bildung
und Forschung.

Konzept, Design und Realisierung:

LEKKERWERKEN
Design & Medienkommunikation
Industriestr. 5
D-65197 Wiesbaden
www.lekkerwerken.de

Urheber- und Nutzungsrechte, Haftungshinweis:

Der Inhalt dieses Dokuments ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung von Informationen oder Daten, insbesondere die Verwendung von Texten, Textteilen oder Bildmaterial bedarf der vorherigen Zustimmungen der VDI Technologiezentrum GmbH. Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte externer Links.

Bildnachweis

Route Ego-Trip

Audi AG, Ingolstadt:

»entspiegeltes Cockpit Audi TT«

Beiersdorf AG, Hamburg:

Schema »die Haut im Modell«,
»Hand mit Lotion«,
TEM Aufnahme »Die Haut im Querschnitt«,
EM-Bild »Haut mit Lotion«,
»Corneozyten-Bild Hautoberfläche«,
EM-Bild »Haaraustrittsstelle«

Center for NanoScience (CeNS), München:

AFM-Aufnahme »Chromosomen«

Centre for Microscopy and Microanalysis, University of Queensland, Australia:

Mückenkorpus aus Image 182 »Mosquito«
www.uq.edu.au/nanoworld
USDA »Mosquito« www.tk-logo.de

eyeofscience:

Mückenkopf aus »Anopheles 45x«,
Blutkörperchen aus »Blut 2.100x«,
Killerzelle aus »Killerzelle 20.000x«,
Haardetail aus »Haar glatt 500x«,
Hautoberfläche aus »Haut 240x«
www.eyeofscience.com

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, IOF Jena:

AFM Aufnahme Mottenaugenstruktur

GBF – Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig:

EM-Aufnahme »E-coli«,
EM-Aufnahme »Dendritische Zelle«,
EM-Aufnahme »molekulare Struktur
der DNA als Kugelmodell«

Universität Mainz:

Herr Dr. Jastrow, »Oberfläche eines Haares«

www.uni-mainz.de

Universität Ulm,

Zentrale Einrichtung Elektronenmikroskopie:

EM-Aufnahme »Facettenauge«

Welt der Biologie:

EM-Aufnahme »Endoplasmatisches Retikulum«

www.vobs.at/bio