

INHALTSVERZEICHNIS

Übersicht: Formeln

6

Struktur und Konzept

7

Kompetenzmodul 7: 7. Semester

1	SCHWINGUNGEN UND WELLEN	9	6	THERMODYNAMIK	71
1.1	Schwingungen und Wellen in Natur und Technik	10	6.1	Grundlagen der Thermodynamik	71
1.2	Physikalische Grundlagen von Schwingungen	10	6.2	Temperatur und Aggregatzustände	72
1.2.1	Die Beschreibung einer Schwingung	12	6.3	Wärme als Energieform	74
1.2.2	Die ungedämpfte Schwingung	13	6.3.1	Die Einheit der Wärme	74
1.2.3	Überlagerung von Schwingungen	15	6.3.2	Die Hauptsätze der Thermodynamik	75
1.2.4	Die gedämpfte Schwingung	17	6.4	Wärmeübertragung	75
1.2.5	Die Arten der gedämpften Schwingung	17	6.5	Die Gasgesetze	76
1.2.6	Erzwungene Schwingungen	18		.....
1.3	Wellen	21		CHECKPOINT 6	79
1.3.1	Mechanische Wellen	22	7	UNSERE SINNE: GERUCH, GESCHMACK, TASTSINN	81
1.3.2	Transversalwellen und Longitudinalwellen	22	7.1	Die Haut ist mehr als ein Sinnesorgan	81
1.3.3	Beschreibung von Wellen	23	7.1.1	Die Schichten der Haut	82
1.3.4	Interferenz	24	7.2	Wie funktionieren Geruchs- und Geschmackssinn?	84
1.3.5	Kreiswellen und ebene Wellen	26		.....
1.3.6	Das Prinzip von Huygens	26		CHECKPOINT 7	87
1.3.7	Die Beugung von Wellen	27	8	STEUERUNGSSYSTEME UNSERES KÖRPERS: NERVEN- UND HORMONSYSTEM	88
1.3.8	Die Reflexion von Wellen	28	8.1	Das Nervensystem als Grundlage der Kommunikation	89
1.3.9	Die Brechung von Wellen	29	8.2	Neuronen: Grundbausteine des Nervensystems	90
	.....		8.2.1	Das Membranpotenzial	92
	CHECKPOINT 1	31	8.2.2	Das Ruhepotenzial	92
2	AKUSTIK – DAS WESEN DES SCHALLS	33	8.2.3	Aktionspotenzial und Depolarisation	93
2.1	Grundlagen der Schallwellen	33	8.2.4	Repolarisation	94
2.2	Der Bereich des Hörbaren	35	8.2.5	Weiterleitung durch Ausgleichsströme	95
2.3	Schalldruckpegel und Lautstärke	36	8.3	Signalübertragung an den Synapsen	96
2.4	Töne und Klänge	38		.....
	.....			CHECKPOINT 8.1	100
	CHECKPOINT 2	40	8.4	Das menschliche Gehirn	102
3	DAS OHR – GEHÖR-, DREH- UND LAGESINN	42	8.4.1	Großhirn: Bearbeitung der Informationen	103
3.1	Die Anatomie des Ohres	42	8.4.2	Zwischenhirn: Steuerungszentrum	107
3.2	Was geschieht, wenn wir hören?	43	8.4.3	Limbisches System: Emotion und Gedächtnis	107
3.3	Drehsinnorgan und Lagesinnorgan im Innenohr	46	8.5	Gedächtnis: Grundlage für Lernprozesse	109
	.....		8.6	Regeneration für den Körper	111
	CHECKPOINT 3	48	8.6.1	Ein schlafendes Gehirn ist aktiv	112
4	OPTIK – DAS WESEN DES LICHTES	49	8.6.2	Träume	113
4.1	Die Ausbreitung des Lichtes	49	8.7	Das Rückenmark: Vermittlung zwischen Gehirn und peripherem Nervensystem	115
4.2	Reflexion	50	8.7.1	Das vegetative Nervensystem	116
4.3	Spiegelbilder	52		.....
4.4	Brechung	53		CHECKPOINT 8.2	118
4.5	Linse	55	8.8	Hormone: chemische Botenstoffe in unserem Körper	120
4.5.1	Optische Linse	56	8.8.1	Die Wirkung der Hormone	120
4.5.2	Die Augenlinse	57	8.8.2	Funktion der Hormondrüsen im Gehirn	122
4.6	Die Spektralfarben des sichtbaren Lichtes	58		.....
	.....			CLIL REVIEW	123
	CHECKPOINT 4	61	8.8.3	Hormone und ihre Wirkung	124
5	DAS AUGE – DER LICHTSINN	62	8.8.4	Insulin reguliert den Blutzuckerspiegel	128
5.1	Die Anatomie des Auges	63	8.8.5	Stress: Positiv und negativ zugleich!	129
5.2	Was geschieht beim Sehvorgang?	65	8.9	Das Prinzip der Regelung	133
5.2.1	Auf der Netzhaut entsteht ein Bild	65		.....
5.2.2	Die Seh Wahrnehmung erfolgt im Gehirn	66		CHECKPOINT 8.3	135
5.2.3	Warum sehen wir mit zwei Augen nur ein Bild?	67			
5.2.4	Wie können wir Farben sehen?	68			
				
	CHECKPOINT 5	70			

Kompetenzmodul 8: 8. Semester

9	BIONIK UND NANOTECHNOLOGIE	137	10	DIAGNOSE UND THERAPIE VON KRANKHEITEN	154
9.1	Bionik	137	10.1	Diagnosemethoden	154
9.1.1	Geschichte der Bionik	138	10.1.1	Untersuchungen von Körperflüssigkeiten	154
9.1.2	Bereiche der Bionik	139	10.1.2	Bildgebende Verfahren	156
9.2	Bionische Innovationen	140	10.1.3	Elektrokardiogramm (EKG) und Elektroenzephalografie (EEG)	161
9.2.1	Der Lotus-Effekt	140	10.2	Therapiemethoden	163
9.2.2	Der Sandfisch-Effekt	141	10.2.1	Arzneimitteltherapie	163
9.2.3	Die Haifischhaut	142	10.2.2	Röntgenstrahlen	164
9.2.4	Das Gecko-Tape	142	10.2.3	Ultraschall	164
9.2.5	Die Termiten-Raumbelüftung	143	10.2.4	Chemotherapie	164
9.2.6	Wärmedämmung nach Eisbärenart	144	10.2.5	Psychotherapie	165
9.2.7	Neueste bionische Forschungsgebiete	144	10.2.6	Physiotherapie	165
9.2.8	Vorteile der Arbeit nach biologischen Vorbildern	144	CHECKPOINT 10		166
9.3	Nanotechnologie	145			
9.3.1	Elektronenmikroskope	145			
9.3.2	Nanoteilchen	147			
9.3.3	Beispiele für Produkte aus oder mit Nanomaterialien	148			
9.3.4	Auswirkungen von Nanomaterialien auf Gesundheit und Umwelt	151			
9.3.5	Nanotechnologie in der Zukunft	151			
	CHECKPOINT 9	152			

Kompetenzmodul 9: 9. Semester

11	BIOCHEMIE UND GENETIK	168	11.5.2	Die Verpackung der DNA zum Chromosom	184
11.1	Geschichte der Genetik	169	11.5.3	Die DNA als Informationsspeicher	186
11.2	Teilgebiete der Genetik	170	11.5.4	Weitergabe der gespeicherten Information: identische Replikation	187
11.2.1	Klassische Genetik: Die Gesetze der Vererbung	170	11.6	Vom Gen zum Protein: Die Proteinbiosynthese	189
11.2.2	Populationsgenetik	173	11.6.1	Der genetische Code	190
11.3	Die Chromosomentheorie der Vererbung	174	11.6.2	Die Proteinbiosynthese im Detail: Transkription und Translation	192
11.3.1	Parasexualität	176		CLIL REVIEW	194
11.3.2	Extrachromosomale Vererbung	177	11.6.3	Vom Gen zum Merkmal	194
11.4	Grundlagen der Molekulargenetik	178	11.6.4	Die Rolle der mitochondrialen DNA	195
11.4.1	Viren und Bakterien im Fokus der Forschung	178	11.7	Die Epigenetik – ein moderner Wissenschaftszweig	196
11.4.2	Bestandteile des Zellkerns	179	11.8	Veränderung von Genen	199
	CLIL REVIEW	180	11.8.1	Genom-Mutation	199
11.5	DNA und RNA – Aufbau und Funktion	181	11.8.2	Chromosomen-Mutation	200
11.5.1	Bausteine der DNA	181	11.8.3	Gen-Mutation (Punktmutation)	201
	CLIL REVIEW	183	11.8.4	Auslöser von Mutationen	202
			11.8.5	Reparaturmechanismen	203
			CHECKPOINT 11.1		204

11.9	Vererbung beim Menschen: Humangenetik	205
11.9.1	Karyogramme und Genkarten	206
11.9.2	Molekularbiologische Forschung	207
11.9.3	Familienforschung	208
11.9.4	Forschung mit Zwillingen	209
11.9.5	Die Vererbung der Blutgruppen	210
11.10	Erbkrankheiten beim Menschen	212
11.10.1	Phenylketonurie – eine erbliche Stoffwechselstörung	213
11.10.2	Albinismus – eine Störung der Pigmentbildung	214
11.10.3	Hämophilie A – ein Fehler im X-Chromosom	215
11.10.4	Chromosomenaberrationen	216
11.10.5	Gonosomale Anomalien	218
11.10.6	Vererbte Anfälligkeit für bestimmte Krankheiten	218
11.11	Der Mensch greift in das Erbgeschehen ein	220
11.11.1	Nutztiere und Kulturpflanzen	220
11.11.2	Züchtungsmethoden sind vielfältig	221
11.11.3	Biotechnologie hat eine lange Geschichte	222
11.12	Gentechnik verändert gezielt genetische Programme	224
11.12.1	Grundlagen gentechnischer Verfahren	225
11.12.2	Grüne Gentechnik – Gentechnik in der Landwirtschaft	228
11.12.3	Rote Gentechnik – Gentechnik in der Medizin	230
11.12.4	Weißer Gentechnik – Gentechnikanwendungen in der Industrie	232
11.12.5	Sicherheit in der Gentechnik	234
<hr/>		
	CHECKPOINT 11.2	236

10. Semester		
12	NATURWISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT	237
12.1	Ökolandbau	239
12.1.1	Prinzipien im Ökolandbau	239
12.1.2	Vorteile der biologischen Landwirtschaft	242
12.1.3	Fairtrade-Produkte	244
12.2	Biodiversität	244
12.2.1	Fehlende Biodiversität zerstört Ökokreisläufe	246
12.2.2	Die EU-Biodiversitätsstrategie	246
12.3	Wasser als Lebensgrundlage	247
12.3.1	Wasserverbrauch und Wassermangel	247
12.3.2	Die Verfügbarkeit von Trinkwasser	248
12.3.3	Wasserverschmutzung und Abwasserreinigung	249
12.3.4	Kanalisation und Kläranlagen	250
12.4	Luft	252
12.4.1	Auswege aus der Luftverschmutzung	252
12.5	Energie und Rohstoffe	253
12.5.1	Fossile Brennstoffe	253
12.5.2	Mineralische Rohstoffe	254
12.6	Klima im Wandel	254
12.6.1	Einflussfaktoren auf das Klima	256
12.6.2	Der anthropogene Treibhauseffekt	257
12.6.3	Abfall und Klimawandel	260
12.6.4	Auswirkungen des Klimawandels	261
12.6.5	Kipppunkte des Klimas	262
<hr/>		
	CHECKPOINT 12	265
	Maturatraining	267
	Sachwortregister	273
	Periodensystem	276

9 BIONIK UND NANOTECHNOLOGIE

Nach diesem Abschnitt kannst du

- die Beziehung zwischen Biologie und Technik verstehen
- die biologischen Grundlagen von bionischen Entwicklungen erklären
- Sachinformationen zu Bionik und Nanotechnologie ihren biologischen und physikalischen Grundlagen zuordnen
- Anwendungen bionischer Produkte bewerten und interpretieren
- Eigenschaften von Atomen und Molekülen im Nanometerbereich erklären und bearbeiten
- den Einfluss der Nanopartikel auf Gesundheit und Umwelt hinterfragen und dokumentieren

Die Natur ist ein großer Innovator. Seit 3,8 Milliarden Jahren entwickelt und optimiert sie unermüdlich biologische Strukturen, Prozesse, Materialien und Funktionen, um das Leben auf der Erde den stetig wechselnden Umweltbedingungen anzupassen. Wenn die Natur etwas entwickelt, dann tut sie es nach denselben Spielregeln, die auch für die Technik gelten. Forscherinnen und Forscher analysieren ständig **Eigenschaften, Prozesse oder Strukturen der Natur**, die als besonders intelligent und effizient gelten, um diese auf technische Systeme oder Produkte zu übertragen. Diesen Fachbereich nennt man **Bionik**.

Der Begriff **Nanotechnologie** umfasst eine Vielzahl von Technologien, die sich die besonderen Eigenschaften von Strukturen und Teilchen, die weniger als 100 Nanometer groß sind, zunutze machen. Nanotechnologie gilt als wichtige **Zukunfts- und Schlüsseltechnologie**. Sie findet schon heute in der Halbleiter- und Oberflächentechnik, im Maschinenbau oder in der Schönheits- und Lebensmitteltechnologie Anwendung. Potentielle Risiken durch Nanopartikel sind bislang nur unzureichend erforscht.

9.1 Bionik

In der Bionik geht es nicht darum, bloß abzuschauen, was die Natur geschaffen hat. Ziel ist ein **Weiterdenken** und **Weiterentwickeln** bewährter Abläufe und Prinzipien. Der Name Bionik soll die Verbindung zwischen **Biologie** und **Technik** andeuten. Dabei werden Anregungen aus der Biologie in der Technik umgesetzt.

Die bionische Forschung geht an die Grenzen der Natur, um technische Lösungen zu entwickeln, die unsere Lebensqualität verbessern können. Aktuell verschmilzt die Bionik unter dem Begriff **Nanobionik** immer mehr mit der Nanotechnologie. Hier wird versucht, die **Lösungsansätze der Natur** für **menschliche Zwecke und Herstellungsprozesse** nutzbar zu machen. Ein besonderer Fokus liegt auf molekularbiologischen Forschungsergebnissen. Zahlreiche Entwicklungen befinden sich noch im **Stadium der Grundlagenforschung**, auch wenn es um so konkrete Ziele geht, z. B. den technischen Nachbau der Photosynthese. Im Rahmen der Nanobionik werden Eingriffe in die Natur versucht, die bis hin zum Bau **künstlicher Zellen** und damit letztlich zur **Erzeugung künstlichen Lebens** reichen.

In der **Bionik** arbeiten **verschiedene Fachgruppen** zusammen: Ingenieurwissenschaften, Physik, Chemie, Materialforschung, Architektur sowie Spezialistinnen und Spezialisten für Computer-Animation. Man nennt dies **interdisziplinäre Forschung**. Forscherinnen und Forscher versuchen, gemeinsam durch Kreativität technische Probleme zu lösen. Dabei orientieren sie sich oft an Erkenntnissen zu biologischen Vorbildern.

Diese Vorbilder sind etwa **Baumaterialien** von Tieren, **biologische Strukturen** von Pflanzen und Tieren, die **Organismen** selbst oder **biologische Prozesse**. Im Zuge der Evolution wurden diese funktionalen Strukturen optimiert und sind im Alltag erprobt. Sie finden in der Technik oft **innovative Anwendungen**, sie stellen jedoch **keine Kopien** der natürlichen Vorbilder dar. Die Bionik schafft **neue Produkte mithilfe biologischer Vorbilder**.

Das *Taipei World Financial Center* (Tapei 101) in Taiwan hat eine Höhe von 508 m und hielt bisher Erdbeben und starken Stürmen stand. Die Spitze schwankt sogar um bis zu 1,30 m. Bei der Anordnung der Elemente aus Stahl und Glas ließ man sich vom **Bambus** inspirieren. Riesenbambus wird bis zu 35 m hoch. Ein Bambusrohr hat einen Durchmesser von 25 cm bis 35 cm. Bambusrohre zeichnen sich durch eine **hohe Stabilität** und **Flexibilität** sowie ein **relativ geringes Gewicht** aus. Diese Eigenschaften beruhen auf seiner Struktur: Im Gegensatz zu Laub- und Nadelbäumen sind Bambushalme außen hart und innen weich.



Abb. 1: Taipei 101



Abb. 2: Bambus

9.1.1 Geschichte der Bionik

Leonardo da Vinci (1452 – 1590) wird als der „erste Bioniker“ bezeichnet, eigentlich war er Bildhauer und Maler. Mit der „Mona Lisa“ schuf er eines der berühmtesten Gemälde der Welt. Gleichzeitig setzte er sein künstlerisches Talent ein, um die Natur zu skizzieren. Besonders beschäftigte ihn die Fähigkeit von Vögeln, sich scheinbar mühelos durch die Luft zu bewegen. 1505 schrieb er ein Werk über den Vogelflug und konstruierte erste Fluggeräte, Hubschrauber und Fallschirme. Da Vincis Überlegungen inspirierten viele Forscherinnen und Forscher.

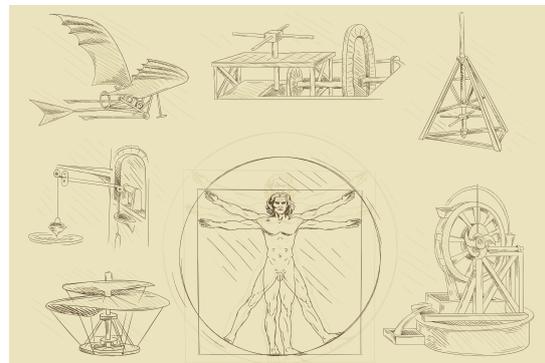


Abb. 3: Ideen von Leonardo Da Vinci

Der türkische Gelehrte Hezarfen Ahmed Celebi (1609 – 1649) konstruierte etwa nach dem Studium des Vogelfluges ein Fluggerät, mit dem er vom Galata-Turm in Istanbul über den Bosphorus nach Uskudar flog.

Wegweisende Beispiele aus der Geschichte der Bionik

England kämpfte im 16. Jahrhundert gegen Spanien um die Herrschaft auf den Weltmeeren. In dieser Situation fand Matthew Baker im Jahr 1590 Inspiration für den Schiffbau in der Natur. Praktische Naturbeobachtungen veranlassten ihn zur Konstruktion von **Schiffsrümpfen** nach dem **Vorbild** von **Dorschkopf** und **Makrelenschwanz**. Diese nach ihm benannte **Baker-Galeone** weist eine verbesserte Manövrierfähigkeit und eine Reduktion des Wasserwiderstandes auf.



Abb. 4: Baker-Galeone

Ein englischer Edelmann entwickelte im 18. Jahrhundert auf Grundlage von Untersuchungen an Früchten des Wiesenbocksbart ein erstes **Fallschirmmodell**. Er erkannte, dass ein Fallschirm nur stabil ist, wenn sich der Schwerpunkt möglichst tief unter dem Schirm befindet.



Abb. 5: Wiesenbocksbart

Im Jahr 1868 reichte Michael Kelly in Texas eine Idee zum Patent ein, die uns allen auch bekannt ist. Kelly nahm sich den **Osage-Dorn** als Vorbild für sein Patent. Dieser Strauch mit Dornen eignete sich hervorragend dafür, Vieh auf Weiden zu halten. Kelly bildete das Prinzip aus Draht nach und patentierte es als „stacheligen Draht“. Eine abgeänderte Variante seines Patents ist heute als **Stacheldraht** bekannt.



Abb. 6: Stacheldraht

Der Schweizer Wissenschaftler Georges de Mestral entwickelte 1948 den **Klettverschluss**. Er beobachtete, dass er und sein Hund nach der Jagd von Kletten bedeckt waren. Der Forscher untersuchte den Haftmechanismus der Klettfucht unter dem Mikroskop und baute ihn nach.



Abb. 7: Die Klettf Früchte haften an einer Jacke.

9.1.2 Bereiche der Bionik

Die Natur war schon immer Vorbild für die Lösung technischer Probleme: Sie soll dabei nicht kopiert werden, sondern ihre **Prinzipien sollen erkannt** und **technisch genutzt** werden. Generell unterscheiden wir drei Bereiche der Bionik, die „natürliche“ Lösungen technisch verarbeiten:

- Die **Konstruktionsbionik** setzt Bauweisen oder Konstruktionen der Natur technisch um, z. B. bei Prothesen für Hände.
- Die **Verfahrensbionik** orientiert sich an Verfahren oder Vorgehensweisen der Natur, etwa bei der Umsetzung von Klimaanlage nach dem Vorbild der Belüftung des Termitenbaues (S. 143).
- Die **Informationsbionik** wendet **Informationsübertragungsprinzipien** sowie die **Entwicklungs- und Evolutionsprinzipien** in der Technik an. Ein Beispiel ist die Entwicklung von neuen Verkehrssystemen.

Ein wichtiger Schritt in der bionischen Forschung ist die **Entwicklung eines biologischen Erklärungsmodells**. Um biologische Sachverhalte, Prozesse und Zusammenhänge zu verstehen, müssen sie analysiert werden. Dies erfolgt in der Regel durch Methoden wie das **systematische Beobachten**, das **Untersuchen** und **Experimentieren**.

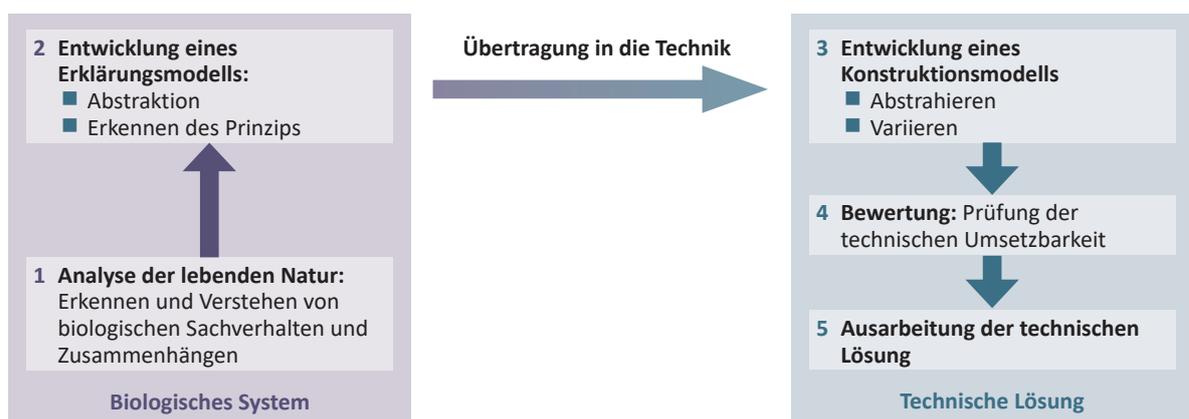


Abb. 8: Die Arbeitsweise der Bionik

NAWI AKTIV MINI 37



- Beschreibt die Entwicklung von der Blüte zur Frucht am Beispiel des Löwenzahns (Abb. 9 bis Abb. 11).
- Beschreibt den Bau der Flugfrucht des Löwenzahns sowie den Flug eines Schirmfliegers (Abb. 12).



Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12

9.2 Bionische Innovationen

Gefühlvolle Roboter, selbstschärfende Messer, Libellen-Imitate und Fahrzeuge, die ein Rad schlagen: Immer öfter finden Ingenieurinnen und Ingenieure, Medizinerinnen und Mediziner sowie Forscherinnen und Forscher Lösungen für technische Probleme in der Natur.

9.2.1 Der Lotus-Effekt

In den 1970er Jahren untersuchten Botanikerinnen und Botaniker Pflanzenblätter unter dem Mikroskop auf Ähnlichkeiten. Ziel war es, anhand der **Oberflächenstruktur** der Blätter die Verwandtschaft zwischen verschiedenen Pflanzengruppen zu klären. Bald bemerkte das Forscherteam jedoch, dass ausschließlich Blätter mit einer feinen und glatten Oberfläche vor der Untersuchung gereinigt werden mussten.

Raue, genoppte Blätter wurden bereits mit einigen Tropfen Wasser sauber. Besonders ausgeprägt war dieser Effekt bei der **Lotusblume**. Wassertropfen haften nicht an der unregelmäßigen Oberfläche ihrer Blätter. Die Wasserkugeln gleiten einfach über die Oberfläche. Sie nehmen dabei Schmutzpartikel auf und hinterlassen eine saubere Fläche ohne Rückstände. Weder Pilze noch andere Organismen haften auf den Blättern.

Diese Art der selbstreinigenden Oberfläche ist bei anderen Pflanzen und Tieren zu beobachten: Beispiele sind Kapuzinerkresse, Schilfrohr, Weißkohl und Wassersalat sowie die Flügel von Schmetterlingen.

Der Lotus-Effekt hat viele **Einsatzbereiche**: Es gibt **Fassadenfarbe**, die Wasser und Schmutz von Hauswänden abperlen lässt. Spezielle **Sprühwaxse** schützen Materialien. Der Lotus-Effekt eignet sich vor allem für Oberflächen, die Wind und Wetter ausgesetzt sind. In der Forschung wird an der Versiegelung von Flugzeugen gearbeitet. Wassertropfen und Eiskristalle könnten sich nicht mehr auf Tragflächen und Flugzeugrumpf halten: Das Enteisen im Winter könnte entfallen.



Abb. 13: Lotusblatt

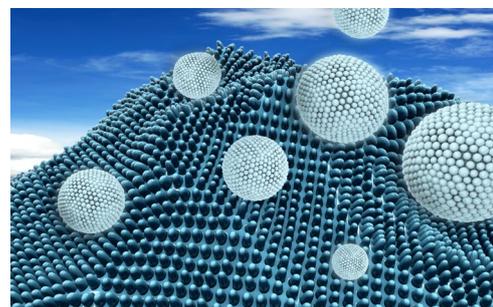


Abb. 14: Der Lotuseffekt, mikroskopisch betrachtet (Illustration)

NAWI AKTIV 14: DEM LOTUS-EFFEKT AUF DER SPUR



Materialien: frische Blätter (Lotus, Kohl, Kapuzinerkresse, Tulpen, Löwenzahn und Salatblätter), Wasser, Honig, Mehl, Wattestäbchen, Pipette

Durchführung:

- 1 Tropfe mit der Pipette Wasser auf die verschiedenen Blätter. Welche Blätter zeigen einen Lotus-Effekt, welche nicht?
- 2 Bestreue die Blätter mit Mehl und lass erneut Wasser über die Blattoberfläche laufen.
- 3 Tropfe Honig auf die Blattoberflächen.
- 4 Reibe mit einem Wattestäbchen über ein Blatt mit Lotus-Oberfläche und tropfe erneut Wasser darüber.

Aufgabenstellung:

- Notiere die Ergebnisse der Experimente mit den verschiedenen Blättern (1 bis 4) in einer Tabelle.
- Beschreibe deine Beobachtungen. Fasse sie in zwei, drei Sätzen zusammen und erläutere den Lotus-Effekt anhand des Experiments.

9.2.2 Der Sandfisch-Effekt

Sein Leben gleicht einem Dauerpeeling, und doch nimmt seine Haut keinen Schaden: Die Rede ist vom **Wüstensandfisch**. Dieses Tier erhielt seinen Namen aufgrund seiner Fortbewegungsart. Sie ähnelt dem Schwimmen eines Fisches im Wasser.

Wüstensandfische sind rund 20 cm lange **Echsen**, die flink durch den heißen Sand gleiten. Eigentlich müssten ihre Schuppen nach einiger Zeit matt werden, da sich die Echse täglich rund einen Kilometer durch den Sand bewegt.



Abb. 15: Der Wüstensandfisch

Die Haut des Wüstensandfisches ist aber extrem glatt, glänzend und besitzt einen **niedrigen Reibwiderstand**. Außerdem ist sie mit feinen Querrillen übersät, auf denen Sand und feine Partikel einfach abrutschen, ähnlich dem Lotus-Effekt. Mit ihrer Hilfe kann die Eidechse **reibungsarm** durch die Wüste „schwimmen“.

Die Echse weist noch eine Besonderheit auf: Die Schuppenhaut des kleinen Flitzers würde sich beim Fortbewegen durch den Sand aufladen. Damit die Sandkörner aufgrund der elektrostatischen Aufladung nicht an ihm festkleben – und damit die Reibung erhöhen –, dienen **Spikes** auf den Querrillen seines Rückens als eine Art Blitzableiter.

Die technischen Möglichkeiten für eine Anwendung des **Sandfisch-Effekts** liegen vor allem im Bereich des **Motorenbaus** und der **Fördertechnik von Granulat** durch Leitungen, deren Innenseiten mit kratzfesten Oberflächen ausgekleidet sind. Weiters könnten **Sonnenkollektoren**, vor allem in Wüstengebieten, beschichtet werden. So werden sie vor dem Verschleiß durch Sandflug bewahrt. Diese Kratzfestigkeit ist auch eine Anwendung bei Autolacken.

9.2.3 Die Haifischhaut

Lagern sich Algen, Muscheln und Seepocken am Rumpf von Schiffen an, nennt man das **Fouling**. Fouling führt zu einer **Erhöhung des Strömungswiderstands**: Die Schiffe verbrauchen mehr Treibstoff. Zum **Antifouling** verwendet man **giftige Anstriche**, die mehrmals aufgetragen werden. Die **Giftstoffe** gelangen mit der Zeit ins **Meer** und über die Nahrungskette in Fische und Robben.

Bionikerinnen und Bioniker entwickelten einen **giftfreien Antifouling-Anstrich** nach dem Vorbild der Haihaut. Mit dieser künstlichen Silikonhaut spart man Treibstoff und Kosten und verringert die Umweltbelastung mit Giftstoffen.

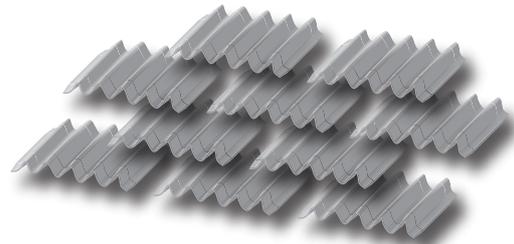


Abb. 16: Haifischhaut besteht aus stromlinienförmigen Elementen, die den Strömungswiderstand verbessern.

Das Funktionsprinzip beruht auf dem Aufbau der rauen **Hai-Haut**: Sie ist mit **feinen Zähnchen** besetzt, den **Placoidschuppen**.

Diese Schuppen **verschieben** sich **gegen- und übereinander**. Dadurch können sich **keine Parasiten** auf die Haut heften. Ebenso **verringert** der Hai durch diese Schuppen seinen **Strömungswiderstand**. Nicht nur bei Schiffen soll dieser Lack nach Vorbild der Haihaut angewendet werden. Auch bei Flugzeugen könnte er den Strömungswiderstand der Luft verringern.

9.2.4 Das Gecko-Tape

Nach dem Vorbild der Gecko Füße haben Forscherinnen und Forscher einen **Klebestreifen** entwickelt, dessen **Haftkraft kaum nachlässt**, wenn er abgerissen und neu angepresst wird. Er könnte den Klettverschluss ersetzen.

Geckos können ohne Probleme selbst an **glatten senkrechten Oberflächen** wie Glas haften. Dabei benötigen sie weder Klebesekrete noch Saugnäpfe. Die Fußunterseite des Gecko-Fußes ist in **kleine Falten (Lamellen)** gelegt. Diese sind auch ohne Lupe oder Mikroskop gut sichtbar. Jede dieser Lamellen stellt eine **Ansammlung von Haarbüscheln** dar, die sich wieder in **feinste Härchen** verzweigen. Die feinsten aller Härchen enden in einer **spatelförmigen Verbreiterung**.



Abb. 17: Nahaufnahme der Lamellen auf einem Gecko-Fuß

Diese Härchen sind so fein, dass sie sich bis auf die **molekulare Ebene** verzweigen. Diese Strukturen sind so winzig, dass sie mit der Unterlage, auf der sich der Gecko bewegt, auf **molekularer Ebene**, also auf der Ebene der kleinen Teilchen, **wechselwirken**.

Diese Wechselwirkungen bezeichnet man als **Van-der-Waals-Wechselwirkungen** (Erlebnis Naturwissenschaften 2, S. 20, S. 57). An jedem der vier Füße eines Geckos sitzen im Schnitt **eine Milliarde Haft Härchen**. Die Härchen bestehen aus Keratin. Sie bewirken, dass sich die Unterseite des Fußes selbst kleinsten Unebenheiten anpasst. Dies funktioniert auch auf noch so glatt polierten Glasoberflächen – selbst auf Flächen, die uns spiegelglatt vorkommen, ist ein Gecko ob der zahlreichen Haftpunkte optimal unterwegs. Die **Haftwirkung** ist so groß, dass das Tier sein gesamtes Körpergewicht an einer senkrechten Glaswand mit nur einem Fuß halten kann.

NAWI AKTIV 15: AUF GECKO-ART



Materialien: kleine Glasschüssel, kleine Plastischüssel, Frischhaltefolie

Durchführung:

- 1 Nimm die Glasschüssel und spanne ein großes Stück Frischhaltefolie über die offene Seite.
- 2 Versuche nun, die Glasschüssel anzuheben, indem du vorsichtig auf die gespannte Folie greifst. Was passiert?
- 3 Wiederhole den Versuch nun mit einer kleinen Plastischüssel.

Aufgabenstellung:

- Notiere deine Beobachtungen bei beiden Versuchen.
- Erkläre deine Beobachtungen anhand deiner Kenntnisse der Funktionsweise des Gecko-Fußes.

9.2.5 Die Termiten-Raumbelüftung

Ein Gebäude, das sich in der Sommerhitze selbständig kühlt und belüftet – und das, ohne Energie zu verbrauchen? Ein Traum vieler Menschen, besonders in Zeiten immer heißerer Sommer.

Termiten sind hervorragende Passivhaus-Baumeister. In ihren bis zu 10 Meter hohen Bauten zirkuliert die Luft trotz enger Gänge. **Termiten** sind blind und leben in einem Tierstaat unter der Erde. Ihre Bauten reichen von tief in der Erde bis mehrere Meter über die Erde. Diese steinharten Gebilde sind von einem **weitläufigen Kanalsystem** und Schächten, die wie eine **Klimaanlage** funktionieren, durchzogen. Damit wird unabhängig von der Außentemperatur ein konstantes Klima im Bau garantiert. Termitenhügel atmen wie eine große Lunge.

Erhöht sich die Temperatur außerhalb des Hügels, wird die Luft in den äußeren Kanälen wärmer und steigt nach oben. Da Termitenhügel so gut wie keine Öffnungen besitzen, kann die Luft jedoch zum Großteil nicht entweichen.

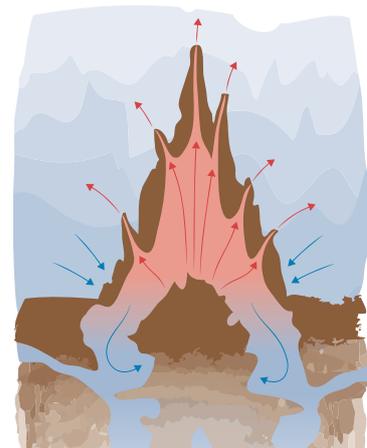


Abb. 18: Luftbewegung im Termitenbau (blau: Kaltluft, rot: warme Luft)

An der Spitze des Kegels fließt sie stattdessen im Schornstein des Hügels nach unten. Unten angekommen strömt sie über Kanäle zur Außenseite: Der Kreislauf beginnt erneut. Wird es am Abend um die Hügel herum kälter, kehrt sich der Zyklus um. Dann kühlt die Luft in den äußeren Kanälen ab, fällt hinab und warme Luft steigt im Schornstein auf.

Das *Eastgate Centre* liegt in Harare, Simbabwe. Es ist ein Einkaufszentrum und Bürogebäude, das auf raffinierte Weise natürliche Mittel zur Belüftung und Kühlung nutzt. Architekt Mick Pearce ließ sich von den selbstkühlenden Hügeln afrikanischer Termiten inspirieren. Das *Eastgate Centre* stellt ein bemerkenswertes Beispiel für Bionik in der Architektur dar.

9.2.6 Wärmedämmung nach Eisbärenart

Die Arktis ist das Zuhause der Eisbären. Dort lebt das Tier bei Temperaturen von bis zu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wird es wärmer, muss der Eisbär sogar im kalten Wasser baden, um sich vor Überhitzung zu schützen. Dabei nutzt er die **transparente Wärmedämmung**. Realisiert wird sie über **transparente oder weißliche, hohle Haare**, die das Licht „einfangen“ und die Luft in den Härchen erwärmen.



Abb. 19: Eisbären sind perfekt wärmegeklämt.

Der Einschluss kleinster Lufträume **verhindert den Abfluss der Wärme**. Die Haare des Eisbären leiten die Wärme an die schwarze Haut weiter. Die einzelnen Haare sind außerdem von einem **ölgigen, wasserabweisenden Film** umgeben. Deshalb macht dem Eisbären auch ein Bad in eiskaltem Wasser nichts aus: Nach dem Schwimmen schüttelt er sämtliche Wassertropfen einfach aus dem Fell. So kann Schnee nicht im Fell gefrieren.

Bionikerinnen und Bioniker wollen dieses Prinzip zukünftig für **Dämmstoffe für Häuser** nutzen. Auf eine schwarze Schicht kommen hohle Plastikröhrchen, abgedeckt mit einer Glasplatte. Diese **lässt die Sonnenstrahlen durch und hält die Wärme in der Wand**: Fertig ist die **transparente Wärmedämmung**.

NAWI online: Weitere Beispiele zu bionischer Forschung

9.2.7 Neueste bionische Forschungsgebiete

Die Bionik verzeichnet kontinuierlich beeindruckende Fortschritte. Auf folgenden Gebieten findet derzeit **innovative Forschung** statt:

- **Strukturfarben mit Kühleffekt:** Inspiriert von den schillernden Flügeln des Blauen Morphofalters entwickelten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler **mehrschichtige, farbige Oberflächen**. Diese Beschichtungen **absorbieren kein Licht** und verhindern ein Aufheizen unter Sonnenlicht, was Anwendungen in der Gebäudekühlung und Energieeffizienz bietet.
- **Schaltbare optische Materialien:** Nach Vorbild der Tintenfische wurden Materialien entwickelt, deren optische **Eigenschaften sich gezielt steuern** lassen. Diese Materialien lassen Licht, Wärme und Mikrowellen je nach Bedarf durch oder blockieren sie. Anwendungen: Sensorik und Tarntechnologie.
- **Mikroroboter:** Prototypen winziger Roboter können das 22-Fache ihres Eigengewichts tragen. Sie eröffnen neue Möglichkeiten in der Medizin und Umweltüberwachung.
- **Medizinische Anwendungen:** In der Prothetik werden bionische Hände entwickelt, die die Bewegungen menschlicher Hände nachahmen und individuell angetriebene Finger besitzen.
- **Bionische Filter zur Meeresreinigung:** Das von der EU geförderten Projekt „Nature4Nature“ arbeitet an der Entwicklung bio-inspirierter Filter, um die Meere zu säubern.

9.2.8 Vorteile der Arbeit nach biologischen Vorbildern

Ideale Produkte und Prozesse, die sich von biologischen Vorbildern ableiten, haben auf die Umwelt zahlreiche **positive Auswirkungen**.

Positive Aspekte der Bionik	
setzt weniger Schadstoffe frei senkt die Feinstaub- und Kohlenstoffdioxidbelastung	schont Ressourcen
leistet einen Beitrag zum Umweltschutz	hohe Nachhaltigkeit
Einsatz bei der Entwicklung neuer Gesundheitstherapien	Weiterentwicklung von vorhandenen Produkten oder Prozessen

Tabelle 1: Vorteile bionischer Technologien

WISSENSBOX 9.1

- _____ (1) soll die Verbindung zwischen Biologie und Technik andeuten. Die Bionik ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, die sich die _____ (2) als Vorlage nimmt und daraus innovative Produkte entwickelt. Man unterscheidet in der Bionik: Konstruktionsbionik, _____ (3) und Verfahrensbionik.
- Ein wichtiger Schritt in der Bionik ist die Entwicklung eines biologischen _____ (4). Um biologische Sachverhalte, Prozesse und Zusammenhänge zu verstehen, verwendet man Methoden, wie das systematische _____ (5), das Untersuchen und _____ (6).

9.3 Nanotechnologie

Die **Nanotechnologie** ist eine wichtige **Zukunftstechnologie** des 21. Jahrhunderts und aus vielen Lebensbereichen nicht mehr wegzudenken. Sie gibt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Werkzeuge an die Hand, um in **Größenordnungen von weniger als 100 Milliardstel Meter** vorzudringen. Der Begriff „**nanos**“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Zwerg“.

In der Nanotechnologie steht die **Vorsilbe Nano-** für einen Einheiten Vorsatz, genau genommen für ein **Milliardstel Meter** ($0,000\,000\,000\,1\text{ m} = 1 \cdot 10^{-9}\text{ m}$). Von **Nanomaterial** spricht man im Allgemeinen dann, wenn ein Material mindestens 1 nm bis 10 nm groß ist.

Im **Nanometerbereich** gewinnt man Einblicke in **einzigartige chemische, physikalische und biologische Stoffeigenschaften** von Teilchen und Strukturen. Mit diesem Wissen wiederum werden **Werkstoffe mit neuen Eigenschaften** ausgestattet. In der Nanotechnologie arbeiten naturwissenschaftliche und technische Disziplinen wie Chemie, Materialwissenschaften, Physik, Biologie oder Medizin eng und fachübergreifend zusammen.

9.3.1 Elektronenmikroskope

Teilchen im Nanometerbereich sind für das **menschliche Auge nicht sichtbar**. Selbst Lichtmikroskope vermögen es nicht, diese Teilchen sichtbar zu machen.

Elektronen besitzen **gleichzeitig Teilchen- und Wellencharakter** und haben als **Elektronenstrahlen** vergleichbare Eigenschaften wie das Licht. Diese Erkenntnis bereitet den Weg zum **Bau eines Mikroskops** für den Vorstoß in die Nanowelt, dem **Elektronenmikroskop**. Verglichen mit dem Lichtmikroskop besitzen Elektronenmikroskope eine deutlich **höhere Auflösung**. Bei einem **Lichtmikroskop** reicht das Auflösungsvermögen bis ca. 1 µm reicht. Ein **Elektronenmikroskop** schafft ein eine Auflösung bis zu 1 nm. Lichtmikroskope erreichen eine maximale Vergrößerung um das 1 500- bis 2 000-Fach, begrenzt durch die Wellenlänge des sichtbaren Lichts (400 nm – 700 nm). Elektronenmikroskope nutzen Elektronenstrahlen mit extrem kurzen Wellenlängen und ermöglichen Vergrößerungen von bis zu 500 000.

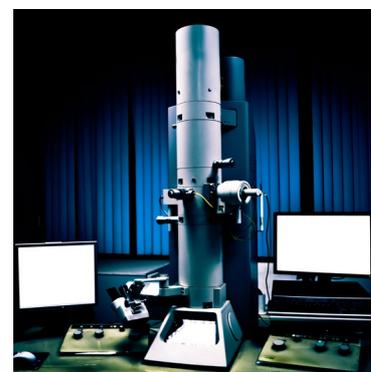


Abb. 20: Transmissions-Elektronenmikroskop TEM

Auflösungsvermögen: Fähigkeit des optischen Systems, gleichzeitig kleinste Einzelheiten scharf und deutlich sichtbar zu machen

Am oberen Ende des Elektronenmikroskops befindet sich anstatt einer Lichtquelle die Elektronenquelle, in der ausgehend von einer Glühkathode die Elektronen auf eine positiv geladene Anode hin beschleunigt werden. Statt Linsensystemen verwendet man **Elektromagnete**, die den **Elektronenstrahl bündeln** und **ablenken**.

Verschiedene Arten der Elektronenmikroskope

- Bei einem **Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM)** wird ein Elektronenstrahl durch die Probe geleitet. Das Bild entsteht durch die **Wechselwirkung der Elektronen mit dem Material**. Je nachdem, wie transparent die Probe ist, werden Teile des Strahls durchgelassen. Elektronen, die von der Probe emittiert werden, werden zum Aufbau des Bildes verwendet. Typische Untersuchungsobjekte sind Bakterien, Gewebeprobe, Viren und Makromoleküle.

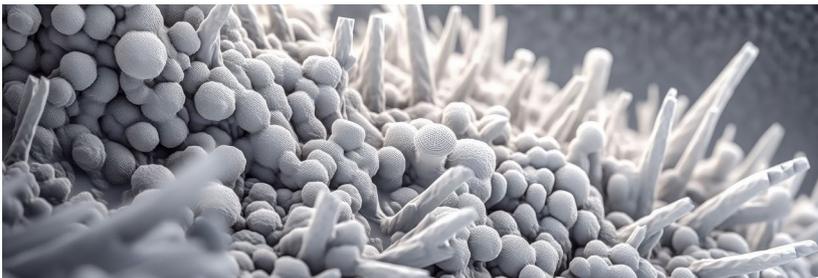


Abb. 21: Aufnahme von Bakterien und Viren auf einem Taschentuch mittels TEM (Illustration)

- Beim **Raster-Elektronenmikroskop (REM)** wird der Elektronenstrahl zu einem möglichst kleinen Fleck gebündelt. Dieser wird zeilenweise über den Probenbereich geführt. Für diese Art der Mikroskopie muss die **Oberfläche des Präparats** bearbeitet werden. In einem REM werden nur Oberflächen dargestellt, die **elektrische Leitfähigkeit** besitzen. Die Oberflächen werden vorab mit einer dünnen Schicht aus einem Schwermetall wie Gold bedampft. Treffen Elektronen auf die Probe, finden dort **Wechselwirkungen** statt. Dadurch werden manche Elektronen aus dem Objekt herausgeschlagen. Detektoren erfassen diese Elektronen und stellen sie dar.
- Beim **Rastertunnelmikroskop (RTM)** wird eine spitze Nadel von wenigen 100 Mikrometern Länge an die Probenoberfläche herangeführt und rasterförmig darüber hinwegbewegt. Zwischen der Spitze der Nadel und der leitenden Fläche fließt Strom, der mit den Erhebungen und Vertiefungen des Materials variiert: Er dient als **Mess-Signal**. Die Elektronen der Oberflächen-Atome „durchtunneln“ den Luftraum zwischen der Sondenspitze und der Probe und machen so die Oberflächen einzelner Atome sichtbar. Genau genommen misst ein RTM, wie viele Elektronen einer bestimmten Energie auf einem winzigen Ausschnitt der Probenoberfläche zu finden sind. Das Signal wird im Computer in ein **dreidimensionales Bild** umgewandelt. So erzeugte Bilder ähneln oft der einer **Berg- und Talstruktur**.

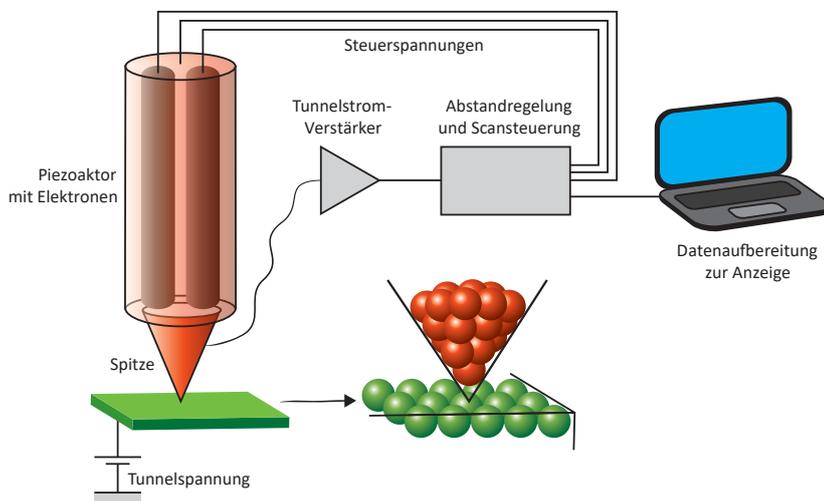


Abb. 22: Funktionalität des Rastertunnelmikroskops

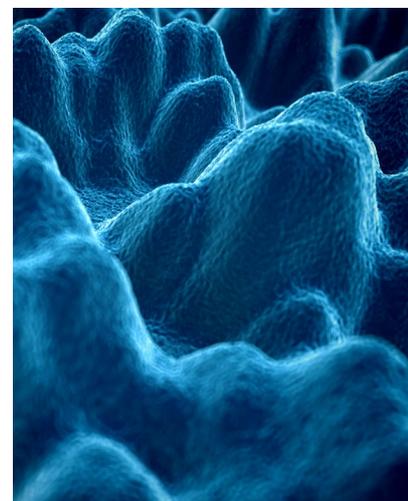


Abb. 23: Aufnahme eines RTMs von Silikon

NAWI AKTIV MINI 38



- Fertigt ein Plakat an, auf dem die Meilensteine auf dem Weg zu einem Mikroskop für den Vorstoß in den Nanokosmos abgebildet sind! Recherchiert dazu im Internet!
- Tragt in eine Tabelle die vier wesentlichen Unterschiede zwischen einem Lichtmikroskop und einem Elektronenmikroskop ein!



Teilt euch nun in Gruppen auf und recherchiert, mit welchen weiteren Verfahren man Nanostrukturen sichtbar machen kann! Jede Gruppe stellt anschließend ein Analyseverfahren vor.

9.3.2 Nanoteilchen

Gemäß einer Empfehlung der Europäischen Kommission ist ein Nanomaterial ein **natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material aus festen Partikeln**. 50 % dieser Partikel müssen Außenmaße im Größenbereich von 1 nm bis 100 nm aufweisen und eine längliche (z. B. Stab, Faser, Röhre) oder plättchenartige Form haben.

Natürliche Nanopartikel

Viele **natürlich vorkommende Strukturen** liegen größtenteils im **Nanometerbereich**, also zwischen 1 nm und 100 nm. In der Umwelt entstehen diese Strukturen ausgehend von größeren Strukturen durch **natürliche Verbrennungsprozesse** (z. B. Feinstaub bei Vulkanausbrüchen) oder durch **Verwitterungsprozesse** (z. B. von Mineralien). Auch die Zusammenlagerung kleinerer Teilchen ist ein möglicher Entstehungsprozess.

Außerdem existiert eine Vielzahl **biologischer Nanoobjekte**. Viele **Proteine** sind beispielsweise winzig. Erbinformationen in Form von **DNA** haben einen Durchmesser von ca. 2 nm. Nahrungsmittel enthalten oft natürliche Nanopartikel: In Milch kommen spezielle Proteine, die **Caseinmizellen**, vor. Darüber hinaus gibt es natürliche Materialien mit **nanostrukturierten Oberflächen** – die Lotuspflanze ist ein uns bekanntes Beispiel.

Künstliche Nanopartikel

Menschen stellen **künstliche Nanopartikel** her, entweder beabsichtigt im **Labor** oder **unbeabsichtigt**, durch Prozesse wie **Verbrennungen, Schleifen, Schweißen** oder **Mahlen**. Durch die Verkleinerung eines Stoffes auf Nanogröße ist eine **Veränderung** in Bezug auf **Härte, Farbe, Magnetismus, elektrische Leitfähigkeit** und die **Reaktionsfähigkeit** möglich. Im Labor werden gezielt gewünschte Eigenschaften und Funktionen ausgearbeitet. Grundsätzlich führen **zwei Prozesse** in die Nanowelt: Diese Prozesse laufen entweder „**top-down**“ oder „**bottom-up**“ ab.

Bei **Top-down-Prozessen** kommt es zur **Zerkleinerung von Material** mithilfe eines speziellen Mahlwerks. Mit der **Teilchenverkleinerung** geht auch eine **Oberflächenvergrößerung** einher.

Bei **Bottom-up-Prozessen** stellt man unter Verwendung **chemischer und physikalischer Methoden Nanomaterial** her. Dabei werden **Anziehungs- und Abstoßungskräfte** der Moleküle oder Atome genutzt. Veränderungen in Druck, Temperatur oder Konzentration beeinflussen die Entstehung bestimmter Nanomaterialien.

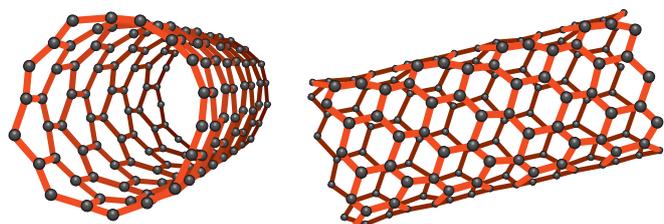


Abb. 24: Kohlenstoff-Nanoröhrchen sind ein Beispiel für ein Nanomaterial: Die Kohlenstoff-Atome ordnen sich durch bestimmte Prozesse zu Kohlenstoff-Nanoröhrchen.

Einteilung von Nanomaterialien

Viele Nanomaterialien bestehen aus **chemischen Verbindungen**. Beispiele sind etwa folgende Verbindungen:

- Nanomaterialien auf **Kohlenstoffbasis** werden bereits häufig eingesetzt, z. B. als Kohlenstoff-Nanoröhren. Sie besitzen eine bemerkenswerte Zugfestigkeit. Beispiele sind **Fullerene** oder **Carbon Black** (Industrieruß)
- **Halbleiter-Nanomaterialien** bestehen z. B. aus Silizium Si oder Cadmium-Tellurit CdTe.
- **Metallbasierte Nanomaterialien** umfassen z. B. Silbernanopartikel, die für ihre antimikrobiellen Eigenschaften bekannt sind. Sie werden in Gesundheitsprodukten eingesetzt.
- Zu den **keramische Nanomaterialien** zählt z. B. Titandioxid.
- Nanomaterialien auf **Polymerbasis**

Fullerene: kugelförmige Moleküle aus einer Vielzahl von Kohlenstoff-Atomen

Halbleiter: Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen einem Leiter und einem Nichtleiter liegt

Neben Nanopartikeln aus chemischen Verbindungen gibt es auch Nanomaterialien, die sich durch bestimmte Strukturen auszeichnen:

- **Nanometer-dünne Beschichtungen**, für die der Lotus-Effekt ein Beispiel ist.
- **Nanoporösen Strukturen** und Aerogelen finden wir z. B. in flexiblem Fliesenkleber, wärmedämmenden Platten, Dämmputzen sowie Isolationsschichten in Fenstern.
- **Nanokapseln** (z. B.) Micellen und **Nanoemulsionen** (z. B. Titanoxid in Sonnenschutzmitteln)

9.3.3 Beispiele für Produkte aus oder mit Nanomaterialien

Auf dem österreichischen Markt gibt es viele Produkte, die mit dem Begriff „nano“ werben: Zahnpasta, Hautcremes, Regenjacken, Reinigungsmittel oder Sonnenschutzmittel. Einige Produkte verwenden die Begrifflichkeit lediglich, weil sie besonders klein sind. Für Konsumentinnen und Konsumenten ist oft nicht ersichtlich, welche Produkte überhaupt Nanomaterialien enthalten. Ebenso dürftig ist die Informationslage zu den **Eigenschaften** und **gesundheitlichen Auswirkungen** des spezifischen „Nanoproduktes“. Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen fordern daher eine **Kennzeichnungspflicht** für alle Nanoprodukte – nicht nur für Lebensmittel und Kosmetikprodukte.

Kosmetika

Nanopartikel werden in der Kosmetikindustrie wegen ihrer besonderen Eigenschaften vielseitig eingesetzt. Ein häufiges Einsatzgebiet ist Sonnencreme: Die Nanoteilchen schützen vor **Sonnenbrand**. Sie fungieren als klarer Film auf der Haut wie ein Spiegel, der das Licht reflektiert. Zudem bieten sie besseren UV-Schutz als gewöhnliche UV-Filter: Die Nanoteilchen bleiben nämlich dort liegen, wo man sie aufträgt, was einen gleichmäßigeren Schutz garantiert. Die Creme zieht ohne schmierigen, weißen Film schnell ein.

Nanopartikel transportieren außerdem ölige Wirkstoffe direkt in die Haut. Normale Hautpflegeprodukte dringen kaum in tiefere Hautschichten, in denen die Zellen neu gebildet werden, ein. **Nanosome** sind beispielsweise Liposome mit einer Größe von wenigen Nanometern. Sie **transportieren Wirkstoffe als Verkapselungssystem**: Kleine Hohlkugeln befördern in ihrem Inneren wasserlösliche Wirkstoffe wie Vitamin C.



Abb. 25: Sonnencreme enthält oft Nanoteilchen.

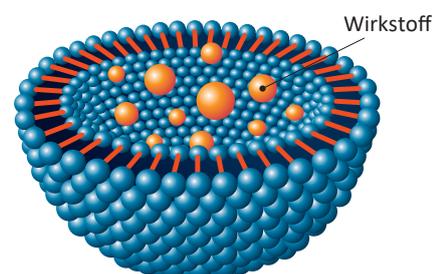


Abb. 26: Nanosom mit verkapseltem Wirkstoff

Weiters verbessern Nanopigmente **Farbe** und **Haltbarkeit** von Make-up wie Lippenstiften oder Lid-schatten. Trotz ihrer Vorteile stehen Nanopartikel in Kosmetika wegen potenzieller Gesundheits- und Umweltrisiken unter Beobachtung.

Bautechnologie

Nanostrukturen haben das Potenzial für Innovationen in der Bautechnik. Das Spektrum reicht von funktionalen **Fassadenoberflächen**, **Brandschutzbeschichtungen** und verbesserten **Baustoffen** bis hin zu neuartigen **Isolationsmaterialien**, die **Energiesparmaßnahmen** ermöglichen.

Aerogele dienen beispielsweise der **Wärmedämmung**. Sie haben eine **schwammartige Struktur**. Ihre Poren, die nur wenige Nanometer groß sind, umschließen **Gase**, meist Luft. Wärme wird in diesem Material kaum geleitet, es wirkt daher dämmend. Mittlerweile gibt es Dämmputze für Fassaden, die diese niedrige Wärmeleitfähigkeit nutzen.

Mit Nanomaterialien lässt sich **Energie** bei der Herstellung von **Betonfertigteilen** sparen. Zur Herstellung von Beton vermischt man Zement, Kies, Sand und Wasser. Die Aushärtung dauert bis zu 12 Stunden. Nur energieintensives Erhitzen beschleunigt den Prozess. **Nanokristalle** verkürzen die Dauer der Aushärtung um die Hälfte. Dieses Verfahren schont aufgrund des geringeren CO₂-Ausstoßes die Umwelt.

Elektronikbauteile

Die Nanotechnologie hat das Potenzial, den Bereich der Elektronik zu revolutionieren, indem sie die Entwicklung kleinerer, schnellerer und effizienterer Geräte ermöglicht.

Die nanoelektronische Fertigung ist heutzutage eine Grundlage für die Herstellung von **Computern**. Verbesserte Computerchips steigern die Geschwindigkeit und die Rechenkapazität, was wiederum Kosten einspart und die Zuverlässigkeit der Geräte steigert. Auch **LEDs** werden mit Nanotechnologie hergestellt. Ihr Herzstück sind Schichten aus **halbleitenden Materialien**, die oft nur wenige Nanometer dünn sind und Licht freisetzen, wenn sie von elektrischem Strom durchflossen werden.

Lacke und Farben

Farben und Lacke werden zum **Schutz**, zur **Versiegelung** oder **Färbung** auf eine feste Oberfläche aufgetragen. Wichtiger Bestandteil sind Farbpigmente, die meist als kleine Partikel enthalten sind. Heutzutage verbessern Nanomaterialien die Eigenschaften von Farben und schaffen neue Funktionalitäten.

Weniger Schmutz	Dreck setzt sich nicht leicht fest, Wasser perlt ab (Lotus-Effekt, S. 140).
Wahrung der Farbintensität	Schutz vor Ausbleichen durch UV-Strahlung
Kraftfestigkeit, Witterungsbeständigkeit	Schutz vor physischen Schäden sowie vor Wasser, Kälte und Hitze
Schutz gegen Bakterien, Pilze, Moose und Algen	Materialien wie Nano-Silber wirken antibakteriell und töten Mikroorganismen.

Tabelle 2: Vorteile von Nanotechnologie bei Farben und Lacken

Medizin

Die wichtigsten Einsatzgebiete der Nanotechnologie in der Medizin sind derzeit **In-Vivo- und In-Vitro-Diagnostik** sowie der gezielte Transport von Wirkstoffen und Arzneimitteln.

in vitro: im Reagenzglas

Innerhalb der In-Vivo-Diagnostik soll Nanotechnologie einen Beitrag zur Entwicklung neuartiger Kontrastmittel leisten. Mit Nanopartikeln möchte man u. a. Krebs bereits vor dem Auftreten erster Symptome erkennen. In der In-Vitro-Diagnostik ermöglichen nanotechnologische Verfahren **schnellere Analyse-Ergebnisse** und die Durchführung von **Selbsttests**.

Nanoobjekte und Moleküle dienen auch der Therapie von Krankheiten. Funktionalisierte Nanopartikel reichern Wirkstoffe gezielt in Organen oder erkrankten Geweben an. Sie stellen eine **zielgerichtete Behandlung** gegen Krebs und Alzheimer in Aussicht. So genannte „Nano-Container“ sollen Wirkstoffe direkt zu erkrankten Geweben, Organen oder Krebszellen transportieren, ohne gesundes Gewebe zu schädigen.

Lebensmitteltechnologie

Bestimmte Nanomaterialien finden wir auch in **Lebensmitteln**. In Form von zugelassenen **Lebensmittelzusatzstoffen** verändern sie Eigenschaften wie **Geschmack, Aussehen** oder **Haltbarkeit** von Nahrungsmitteln. Seit 2014 müssen Zutaten, die in Form „technisch hergestellter Nanomaterialien“ bei Lebensmitteln eingesetzt werden, im Zutatenverzeichnis mit „Nano“ **gekennzeichnet** werden.

Nicht kennzeichnungspflichtig sind natürliche, zufällige oder verfahrensbedingte Nanomaterialien. Darunter fallen Nanomaterialien, die beim Mahlen von Mehl oder Kaffee, bei der Homogenisierung von Fruchtsäften oder bei der Emulgierung von Fett entstehen.

NAWI AKTIV 16: NANOGOLD



Gold-Nanopartikel sind nichts Neues! Schon im Mittelalter wurden sie benutzt, um Glas zu färben. Diese kunstvolle Färbetechnik können wir noch in Kirchen bewundern. Heute verwendet man Nanogold in der Medizin.

Aufgabenstellung:

- Recherchiert, wo Nanogold in der Medizin Anwendung findet.
- Erklärt, was Nanogold mit einem Schwangerschaftstest zu tun hat.
- Beschreibt nach einer weiteren Recherche die Funktionalität eines Schwangerschaftstests: Warum entsteht in der zweiten Zone immer ein Balken? Was könnte schiefgelaufen sein, wenn in der zweiten Zone des Schwangerschaftstests kein Balken zu sehen ist?



Abb. 27: Schwangerschaftstest

9.3.4 Auswirkungen von Nanomaterialien auf Gesundheit und Umwelt

Zur Zeit ist die Menge der künstlich produzierten Nanopartikel noch relativ überschaubar. Sie nimmt aber verstärkt zu. Die Eigenschaften, die Stoffe in Nanogröße so interessant für Forschung und Entwicklung machen, bringen neue **Gefahren** für **Gesundheit** und **Umwelt** mit. Bisher hinkt die Erforschung der Risiken und Nebenwirkungen der Vermarktung von Nanoprodukten jedoch hinterher. Die winzigen Partikel können über die Haut, die Atemwege oder über den Magen-Darm-Trakt in den Körper gelangen und sich über den Blutkreislauf im Organismus ausbreiten. Die Partikel überwinden mühelos die **körpereigenen Schutzmechanismen**.

Je kleiner die Teilchen sind, desto größer ist ihre Oberfläche: Dadurch vergrößert sich auch ihre **Reaktivität**. Solche Veränderungen lassen bekannte, harmlose Substanzen plötzlich zu gefährlichen Giftstoffen mutieren. Dies ist der Grund dafür, warum Titandioxid bis 2022 noch in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln zugelassen war. Jetzt darf es nur noch in Arzneimitteln eingesetzt werden.

Die größten Risiken sieht die Wissenschaft in der **Einatmung** der winzigen Partikel. Werden Nanoteilchen eingeatmet, lagern sie sich auf der Lungenoberfläche ab. Die Auswirkungen der **unbeabsichtigten Inhalation** von Produkten, die bereits im Handel sind, werden derzeit erforscht (z. B. nanopartikelhaltiges Imprägnierspray für die Schuhe). Besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen können hier betroffen sein: Kinder, Schwangere, ältere Leute oder Menschen mit Atemwegserkrankungen. Die Bewertung der gesundheitlicher Risiken durch Nanoteilchen ist derzeit nur im Einzelfall möglich. Dass Nanoteilchen überallhin gelangen und selbst Zellbarrieren überwinden, macht sie zu einer potentiellen Gefahrenquelle.

9.3.5 Nanotechnologie in der Zukunft

Die Weiterentwicklung von Nanomaterialien schreitet voran. Eine Zukunftsvision sind **Nanobots**. Es handelt sich um **Roboter**, die nur einige **Nanometer groß** sind. Diese Nanobots sollen bis in die **Zellen von Lebewesen** vordringen können, um im menschlichen Körper selbstständig nach **Krankheitsherden** zu suchen – und diese bestenfalls auch beseitigen.

- In der Medizin werden **Nanocontainer**, die gezielt Medikamente zu Körperzellen, bringen, bereits eingesetzt. Diese Funktionalität soll weiter verbessert werden.
- Aus **nano-morphen Materialien** soll ein Handy mit selbstreinigendem Display entstehen, das man verdrehen, über den Arm wickeln und wie Papier zerknüllen kann. Der Einbau von **Proteinfasern**, ähnlich der Spinnenseide, soll hohe Elastizität und Flexibilität garantieren.
- Weitere Entwicklungen gehen in die Richtung **intelligenter Textilien**. Grundgedanke ist, diese Textilien mit **Nanodrähten aus Zinkoxid** auszustatten. Die mechanische Energie der Körperbewegung, der Blutfluss oder das Vibrieren der Stimmbänder soll in **elektrische Energie** umgewandelt werden, die kleinere elektronische Geräte betreiben.



Abb. 28: Zukunftsvisionen? Nanobots sollen beispielsweise Krebszellen bekämpfen (Illustration).

WISSENSBOX 9.2

- Die Nanotechnologie beschäftigt sich mit Größenordnungen zwischen _____ (1). Die Vorsilbe „Nano-“ steht für einen Einheitenvorsatz, nämlich für ein _____ (2) Meter, kurz 10^{-9} . Teilchen im Nanometerbereich sind für das menschliche Auge nicht sichtbar, auch im _____ (3) können sie nicht aufgelöst werden. Das _____ (4) nutzt die Eigenschaften von Elektronen, die sich wie eine _____ (5) verhalten.
- Nanopartikel sind sowohl natürlicher als auch _____ (6) Natur. Künstlich werden Nanopartikel auf zwei Arten hergestellt: durch _____ (7) Prozesse und durch Top-down-Prozesse.
- Nanomaterial kann nach _____ (8) und physikalischen Eigenschaften unterteilt werden. Nanoprodukte besitzen besondere Eigenschaften, sie sind etwa schmutz- und wasserabweisend, _____ (9) oder kratzfest.
- Nanomaterialien spielen in Kosmetikprodukten, im _____ (10), der Elektronikbranche und in _____ (11) eine große Rolle. Auch in Farben und Lacken sowie der _____ (12) werden sie eingesetzt. Noch ist das Ausmaß der Auswirkungen von Nanopartikeln auf _____ (13) und Gesundheit unklar.

CHECKPOINT 9

1 Erkläre, aus welchen Begriffen sich das Wort Bionik zusammensetzt und auf welchem Prinzip dieses Forschungsfeld beruht. ___ / 2 P _____

2 Nenne eine Möglichkeit, Strukturen im Nanometerbereich sichtbar zu machen, und erkläre, wie dies funktioniert. ___ / 2 P _____

3 Gib die Größe der Objekte in Nanometern an. ___ / 3 P

a) Rotes Blutkörperchen:

b) Eintagsfliege:

c) Ameise:

7,5 μm = _____

2,5 cm = _____

5 mm = _____

4 Es gehören jeweils ein Naturphänomen und eine Erfindung zusammen. Verbinde die Paare und benenne sie entsprechend. ___ / 4 P



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Paar 1: a) + ___ → _____

Paar 2: b) + ___ → _____

Paar 3: c) + ___ → _____

Paar 4: d) + ___ → _____

5 Gib über die Füße des Geckos mithilfe von Abb. 26 und Abb. 27 einen Überblick. Wie nützen dem Gecko seine „haarigen“ Füße? ___ / 3 P



Abb. 29



Abb. 30

6 Erörtere die Fragen zum Thema Nanotechnologie. ___ / 3 P

a) Warum haben nanokleine Teilchen andere Eigenschaften als das gleiche Material im Großen?

b) Welcher „Nanoeffekt“ könnte in einem Tennisschläger stecken?

c) Was bedeutet das Wort „Nano“?

7 Beschreibe 2 Einsatzgebiete für Nanotechnologien in der Zukunft. ___ / 2 P

Checkpoint – Selbsteinschätzung:

0 – 10 Punkte: Das musst du noch üben! Lies die betreffenden Seiten noch einmal und versuch es erneut.

11 – 15 Punkte: Du kennst dich aus, solltest dir wichtige Details aber noch genauer ansehen!

16 – 20 Punkte: Du kennst dich schon sehr gut aus, weiter so!