

1

Von der Ursuppe zum Trinkwasser

Mythos Wasser

Urstoff Wasser

Schöpfungsmythen

In den meisten Schöpfungsmythen und Religionen weltweit spielt Wasser eine fundamentale Rolle. Dabei wird das Wasser oft nicht erst geschaffen wie Himmel oder Erde, sondern ist einfach von Anfang an da. Die eigentliche Schöpfung der Welt oder die Ankunft von Gottheiten geschieht bereits in Anwesenheit des Wassers oder im Schiff auf dem Wasser (Abb. 1). So steht in der Bibel gleich zu Beginn »...und der Geist schwebte über dem Wasser«. [1] Erst danach wurden von Gott das Licht, Pflanzen, Tiere und der Mensch geschaffen. Im Koran wird das Vorhandensein des Wassers ähnlich beschrieben: »Haben die Ungläubigen nicht gesehen, dass die Himmel und die Erde eine Einheit waren, die Wir dann zerteilten? Und Wir machten aus dem Wasser alles Lebendige«. [2] Auch die Schöpfung der Menschen aus Wasser wird beschrieben: »Es ist Er, der den Menschen aus Wasser erschuf«. [3, 4]

Es scheint so, als ob die Menschen seit alters her die immense Wasserfülle in großen Teilen der Erde und die starke Abhängigkeit der menschlichen Existenz vom Wasser dadurch verinnerlicht haben, dass es schließlich als Urstoff galt und gar nicht mehr erschaffen werden musste.

Die grundlegende Bedeutung des Wassers wird auch von der Naturwissenschaft in gewisser Weise mitgetragen. Aus heutiger Sicht entstand das erste Leben auf der Erde vor Milliarden von Jahren in einer Ursuppe. Nach der Hypothese bestand diese aus Wasser, in dem wichtige Molekülbausteine für das heutige Leben entstanden und miteinander reagierten. Näheres dazu wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.



Abb. 1 Wie in den Mythen und Religionen vieler Kulturen war auch bei den Asmat, einem Volk in Papua Neuguinea, in der Urzeit die Erde mit Wasser bedeckt. [5]

Gottheiten und Nymphen

Es verwundert nicht, dass die Bedeutung des Wassers in den Religionen und Mythen der Völker auch in den überirdischen Wesen reflektiert wird, die die Welt aus der Sicht der jeweiligen Kultur erschaffen haben und sie steuern. Über die drei monotheistischen Religionen und den Buddhismus hinaus gibt es kaum eine Religion oder einen Mythos, wo dem Wasser nicht ein eigener Gott oder gottähnliche Wesen, z. B. Quellennymphen und Wassergeister, zugeordnet werden.

Ebenso vielfältig wie die Gottheiten sind die Rituale, die weltweit das Wasser als Element beinhalten. Es wird vor allem in zweierlei Hinsicht verwendet: zum äußeren Reinigen des Körpers vor und im Verlauf eines Rituals und zur inneren, spirituellen Reinigung des Menschen. In dieser Form wird das Wasser auch im Christentum bei der Taufe eingesetzt.

Die Zahl der Gottheiten und Rituale, die mit dem Wasser verknüpft sind, ist unüberschaubar. Zur weiteren Lektüre kann hier auf eine andere ausführliche Informationsquelle verwiesen werden. [6]

Die Sintflut

Neben den Mythen von der Schöpfung der Erde gibt es mit der Sintflut einen weiteren Wassermythos, der weltweit eine erstaunliche Übereinstimmung zeigt. In der Bibel wird der Beginn dieses Ereignisses so beschrieben: »An diesem Tag brachen alle Brunnen der großen Tiefe auf und taten sich die Fenster des Himmels auf, und ein Regen kam auf Erden vierzig Tage und vierzig Nächte. Und die Wasser wuchsen gewaltig auf Erden hundertundfünfzig Tage«. [7] Die gewaltige Überschwemmung wird als Strafe Gottes dargestellt, die nur Noah mit seiner Familie und ausgewählte Tierpaare überlebten.

Die Bibel ist jedoch nicht die einzige Stelle, die eine solch umfassende, für viele Lebewesen tödliche Flutkatastrophe beschreibt. Die wohl älteste schriftlich überlieferte Schilderung einer Sintflut ist im Gilgamesch-Epos zu finden, einer Dichtung aus dem babylonischen Raum, angefertigt vor etwa 4000 Jahren. In der hinduistischen Mythologie war es Manu, der erste Mensch, der ebenfalls ein Schiff baute und darauf die Sintflut überlebte. Bereits in den Jahren 1869 und 1925 berichteten Heinrich Lüken bzw. Johannes Riem von über zweihundert anderen sintflutähnlichen Mythen aus aller Welt. Viele stimmten in zentralen Aspekten überein, z. B. dem Auftreten einer Flut oder Überschwemmung, das Verschulden der Flut durch die Menschen und deren Rettung. Diese Mythen wurden auf der ganzen Welt, in weit voneinander gelegenen Kulturen wie Europa, Indien, China, bei den Azteken, den Aborigines in Australien und den Indianern Amerikas, gefunden.

Ein solches Naturereignis, das in der Bibel auch noch recht detailliert dargestellt ist, animiert nicht nur Künstler (Abb. 2). Bibelkritische Naturwissenschaftler reizt ein solcher Vorfall, eine rationale Erklärung zu finden. Viele Theorien wurden dazu ausgedacht: außergewöhnliche regionale Überschwemmungen, riesige Flutwellen, verursacht durch eingeschlagene Meteoriten und Erdbeben, ein Wasser einbruch in das Schwarze Meer oder in das Mittelmeer. Solche Katastrophen gibt es bis heute, wie die große Überschwemmung 2010 in Pakistan oder in Indonesien 2004 ein Tsunami mit über 200000 Todesopfern zeigten. Keine dieser Sintfluttheorien konnte jedoch bisher überzeugen. Trotz vieler Ideen und Forschungsergebnisse gibt es also heute noch keine plausible Vorstellung davon, wie (und ob) die Sintflut als historisches Ereignis erklärt werden könnte. Möglicher-

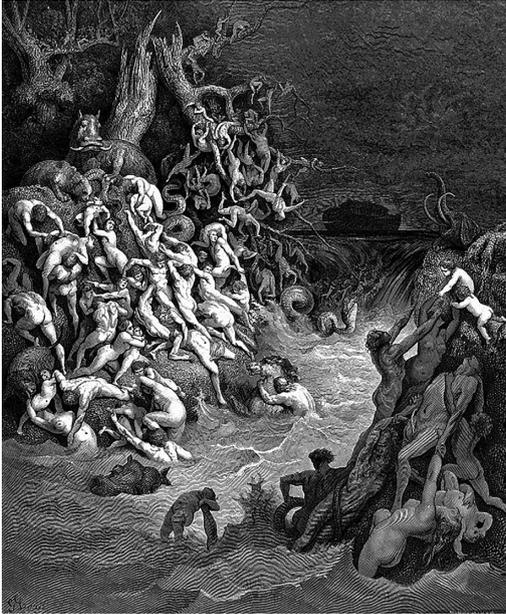


Abb. 2 Darstellung der Sintflut von Gustave Doré

weise ist sie die Überlieferung einer katastrophalen Überschwemmung, von der die Menschheit im Lauf ihrer Entwicklung in vielen Regionen der Erde betroffen war.

Wasser-Wunder in der Bibel

Der Begriff Wunder wird in vielfältiger und sehr unterschiedlicher Bedeutung verwendet. Er bedeutet meist ein Ereignis, das unvorhersehbar war oder unerklärlich erscheint. Wenn wir an die sieben Weltwunder des Altertums denken, wird aber auch klar, dass selbst vom Menschen hergestellte Artefakte, wenn sie nur imposant genug sind, als Wunder bezeichnet werden. Die heutige inflationäre Verwendung des Wunders mag damit eher ein Ausdruck der Übertreibung, insbesondere im Vokabular von Geschäftemachern, geworden sein. Mit Religion, Magie oder dem schlichten Staunen über Unerklärliches hat es kaum mehr etwas zu tun.

In der Bibel wird statt des Wortes Wunder meist Zeichen verwendet. Es beschreibt Vorkommnisse, die von Tätigkeiten Gottes oder Jesu handeln, die den Menschen als unerklärlich galten und überlie-

fert wurden. Die Bibel enthält zahlreiche Beschreibungen solcher Wunder, von denen einige herausgegriffen werden, die mit unserem Thema Wasser zu tun haben. Dabei entwickelten sich in der modernen Zeit zwei grundsätzliche Sichtweisen: Die Wunder werden bibeltreu als wahre Vorkommnisse akzeptiert oder sie werden als Gleichnis angesehen und von manchen bibelkritisch auf ihren möglichen realen Grund hinterfragt. Der zweite Ansatz steht natürlich der generell kritischen Naturwissenschaft deutlich näher, ohne dass dies jemanden vom Glauben abhalten sollte. Einige Beispiele sollen dieses Hinterfragen von Wasser-Wundern in der Bibel zeigen.

Die Israeliten gehen durch das Rote Meer

Bei ihrer Flucht aus Ägypten gerieten die Israeliten in eine Falle: hinter ihnen die ägyptischen Verfolger, vor ihnen das Rote Meer. Durch ein Wunder wurden sie gerettet: »Als nun Mose seine Hand über das Meer reckte, ließ es der Herr zurückweichen durch einen starken Ostwind die ganze Nacht und machte das Meer trocken und die Wasser teilten sich ... Die Israeliten gingen trocken mitten durchs Meer und das Wasser war ihnen eine Mauer zur Rechten und zur Linken«. [8]

Dieser Vorgang wird heute als durchaus erklärbar angesehen. Bibelforscher vermuten dahinter einen Übersetzungsfehler in der Frühzeit der Bibel, nachdem die ersten Fassungen des Neuen Testaments angefertigt worden waren. Danach soll im Text ursprünglich ein Schilfmeer gemeint gewesen sein, aus dem dann das Rote Meer wurde. Dass ein Schilfmeer, also eine Sumpfbzone, von kundigen Leuten durchquert werden kann, ist plausibel. Ebenso ist es mit einiger Fantasie möglich, hohes Schilf, das sich im Wind wiegt, als Wogen anzusehen. Daneben wird darauf hingewiesen, dass auch andere Routen infrage kommen könnten, die ebenfalls durch Schilf- und Sumpfbgebiet führten, für Menschen passierbar, nicht aber für Pferde und Wagen. Schließlich gibt es noch die Meinung, ein Riff im Roten Meer könnte durch den erwähnten Ostwind für kurze Zeit freigelegt worden sein und die Durchquerung erlaubt haben.

Bitteres Wasser wird süß

»Da kamen sie nach Mara; aber sie konnten das Wasser von Mara nicht trinken, denn es war sehr bitter. ... Da murrte das Volk wider Mose und sprach: Was sollen wir trinken? Er schrie zu dem Herrn

und der Herr zeigte ihm ein Holz; das warf er ins Wasser, da wurde es süß«. [9]

Diese Erzählung aus dem Alten Testament ist weniger bekannt als andere Bibel-Wunder. Aus naturwissenschaftlicher Sicht könnte der bittere Geschmack auf salzhaltiges, eventuell magnesiumreiches Wasser hindeuten (Magnesiumsulfat = Bittersalz). Diese Art von bitterem oder salzigem Quellwasser gibt es an vielen Stellen der Erde. Eine rationale Erklärung für den Vorgang der Wasserverbesserung und für die Rolle des Holzes ist jedoch nicht zu finden.

Wasser wird zu Wein

Nachdem bei einer Hochzeit in Kana der Wein ausgegangen war, sorgte nach der Erzählung in der Bibel Jesus für Nachschub: »Jesus spricht zu ihnen: Füllt die Wasserkrüge mit Wasser! Und sie füllten sie bis obenan. Und er spricht zu ihnen: Schöpft nun und bringt's dem Speisemeister! Und sie brachten's ihm. Als aber der Speisemeister den Wein kostete, der Wasser gewesen war...« [10]

Dieses Wunder ist naturwissenschaftlich in keiner Weise zu erklären. Es würde bedeuten, dass aus Wasser (H₂O) neue Substanzen wie Alkohol, Zucker und viele Aromastoffe entstanden waren, die vor allem Kohlenstoff enthalten und eine völlig andere molekulare Struktur aufweisen. An diesem Wunder scheiden sich die Geister besonders krass: Entweder man glaubt vorbehaltlos daran und nimmt die Verletzung naturwissenschaftlicher Gesetze in Kauf oder man erklärt es durch Magie, ähnlich dem aus dem Hut gezauberten Kaninchen. Dies setzt – analog zum realen Kaninchen – voraus, dass jemand neuen Wein irgendwoher besorgt, dies aber verschwiegen hatte.

Jesus geht über das Wasser

Die Geschichte schildert einen Vorfall auf dem See Genezareth. Die Jünger Jesu waren gerade dabei, über den See zu rudern: »Und er sah, wie sie sich beim Rudern abmühten, denn sie hatten Gegenwind. In der vierten Nachtwache ging er auf dem See zu ihnen hin, wollte aber an ihnen vorübergehen. Als sie ihn über den See gehen sahen, meinten sie, es sei ein Gespenst, und schrien auf«. [11]

Dazu ist zu bemerken, dass die Fähigkeit auf dem Wasser zu gehen, bereits in der Antike manchen Göttern zugeschrieben wurde. Sie galt als Zeichen ihrer Macht, das zu tun, wozu Menschen nicht in der Lage sind. Insofern könnte hier eine Übernahme dieses Göttermythos auf

Jesus vorliegen. Als weitere, neuere Erklärung wurde das überraschende Ereignis eines Temperatursturzes am See Genesareth angeboten. [12] Dadurch soll sich Eis gebildet haben, über das Jesus laufen konnte. Angesichts der physikalischen Details der biblischen Geschichte – rudende Männer, Gegenwind und Wellen – scheint diese Idee einer tragfähigen Eisschicht aber nicht sonderlich plausibel zu sein.

Die in der Bibel geschilderten Wunder bleiben also weiterhin ungeklärt. Außerdem werden sie heute nicht mehr unbedingt als wahr betrachtet. Sie wörtlich zu nehmen würde bedeuten, wesentliche Erkenntnisse in der Natur seit der Niederschrift der Bibel einfach zu ignorieren. Man kann sie aber weiterhin als Metapher sehen, d. h. als sprachliches Bild, das auch heute noch eine Bedeutung übertragen kann. Ob die Sichtweise Realität oder Gleichnis gewählt wird, hängt von der individuellen Einstellung zur Religion ab nach dem Wort Friedrichs des Großen: »Es soll jeder nach seiner Façon selig werden.«

Heilquellen, heilige Quellen, Lichtwasser, Mondwasser

Heilquellen

Es gibt eine große Zahl Wasserquellen, die für Heilzwecke genutzt werden. Bereits im Altertum waren Bade- und Trinkkuren mit diesen Wässern üblich. Heute leben ganze Ortschaften von der Balneologie (Bäderkunde), der medizinischen Nutzung solcher Quellen. Ergänzt wird sie durch weitere Anwendungen des Wassers, etwa durch die Hydrotherapie nach Sebastian Kneipp.

Heilige Quellen

Zahlreiche Flüsse, Seen und Quellen dienen in den Religionen und Mythen der Verehrung eines Gottes oder heiligen Wesens. So gibt es in Indien sieben heilige Flüsse, von denen der Ganges der bedeutendste ist. Meist sind es jedoch Quellen in aller Welt, die schon vor langer Zeit als Kultstätte dienten. Dazu werden in der Neuzeit gelegentlich neue Quellen für heilig erklärt, weil sie mit spirituellen Erfahrungen Einzelner in Zusammenhang gebracht werden. So

soll der 14-jährigen Bernadette Soubirous im Jahr 1858 bei Lourdes nahe der Grotte Massabielle mehrfach eine weiß gekleidete Frau erschienen sein. Die Quelle gilt seither als heilig (Abb. 3).



Abb. 3 Die Quelle in der Grotte von Lourdes

Wichtig ist dabei, das heilige Wasser von der religiösen Seite her zu sehen. Es ist der persönliche Glaube, der dieses Wasser für den einen Menschen heilig macht, dem anderen hingegen nichts bedeutet. Das Wasser hat offensichtlich eine Wirkung auf diejenigen, die daran glauben, und es bewirkt dadurch immer wieder die Heilung Kranker. Das Wasser selbst ist aus naturwissenschaftlicher Sicht in keiner Weise von dem verschieden, das in der Nähe in einer anderen Quelle aus der Erde fließt. Auch bei einer rituellen Weihe erfährt das Wasser selbst, ob im Fluss oder aus einer Quelle, keinerlei physikalische oder chemische Veränderung, es wandelt sich auch keine Substanz in eine andere um. Bei all diesen Zeremonien, die das Wasser weihen, handelt es sich um religiös begründete, symbolische Handlungen. Materielle Veränderungen eines Wassers durch ein Ritual als wirklich zu erwarten würde bedeuten, das Symbol, den Gedanken hinter dem Ritual, nicht zu akzeptieren.

Lichtwasser

Die Wallfahrt zu einem heiligen Wasser ist aus verschiedenen Gründen nicht jedem möglich. Wer dennoch ein quasi geheiligtes Wasser für den Hausgebrauch haben möchte, findet auch dafür ein Angebot: Es gibt Lichtwasser (auch Marienwasser genannt) zu kau-

fen. Eine der Beschreibungen dafür lautet: »Die Lichtwässer sind als solche definiert, weil sie bei einem entsprechenden Resonanztest auf alle Frequenzen des Lichts antworten. Sie entspringen aus Quellen an speziellen Orten mit göttlichen Erscheinungen oder sie informieren sich mit Licht im Moment der Erscheinung.« [13]

Dieses Angebot fällt aus den bisherig getrennten Rahmen von Religion und Naturwissenschaft. Hier werden Orte mit göttlichen Erscheinungen mit naturwissenschaftlichen Argumenten verknüpft: »Resonanztest auf Frequenzen des Lichts ... sie informieren sich ...«. Die Wirkung des heiligen Wassers muss anscheinend wissenschaftlich begründet werden, aus welchem Grund auch immer. Wir kommen hier an ein Gebiet, das weder religiös noch naturwissenschaftlich ausgerichtet ist, sondern vorwiegend auf Geschäftemacherei zielt.

Mondwasser

Ein alternatives Angebot gibt es für Mondwasser: »Mondwasser ist sehr einfach herzustellen. Geben Sie frisches Wasser in eine saubere Karaffe und stellen Sie das Wasser nach draußen oder auf die Fensterbank, sodass das Mondlicht sich darin spiegeln kann. Je nach Mondphase wird das Wasser nun programmiert ...Vollmondwasser wirkt unterstützend und gibt Kraft. Neumondwasser unterstützt Sie z. B. bei einer Diät und hilft seelisch ins Gleichgewicht zu kommen, man findet Ruhe und Entspannung.« [14]

Wasser – ein Symbol in Gefahr

Es gibt auf der Erde wohl kein Element, das umfassender als Symbol verwendet wird als das Wasser (Abb. 4). Es repräsentiert die spirituelle Verbindung von Himmel und Erde, sein Kreislauf in der Natur gilt als Metapher für das menschliche Leben, es reinigt und heilt äußerlich wie innerlich. Weiterhin wirkt es wie kein anderes Element der Erde auf den Menschen ein: Es erhält das Leben, denn ohne Wasser kann der Mensch nicht leben. Es kann aber auch durch seine Gewalt zerstören. Es ist also nicht verwunderlich, dass das Wasser praktisch in allen Kulturen, in deren Religionen und Ritualen wie auch in der Kunst verankert ist. Seine Bedeutung für das Leben auf der Welt im weitesten Sinne ist unbestritten.

Im Lauf der letzten Jahrhunderte hat sich neben den Religionen und Ritualen ein ganz anderes Feld entwickelt: Die Naturwissenschaft mit



Abb. 4 Eine Haferähre mit Wassertropfen auf Spinnfäden. Für Romantiker die Perlenkette einer Fee, für Physiker das Ergebnis der hohen Oberflächenspannung des Wassers

ihrem forschenden Blick auf alles, was in der Natur existiert. Selbstverständlich wandte sie ihre wissenschaftliche Betrachtung auch dem Wasser, seinen Eigenschaften und seiner Rolle in der Natur zu.

Religionen und Naturwissenschaft haben in jahrhundertlangem Gegeneinander gelernt, sich weitgehend in den jeweiligen Grenzen zu respektieren. Zwischen beiden entwickelte sich aber auf sehr profane Weise eine weitere Weltsicht. Da wird dem Wasser ein Gedächtnis zugeschrieben, heilige Quellen sollen wegen besonderer Schwingungen heilen, das heilige Wasser des Ganges soll deshalb wirken, weil es Substanzen namens Hydride enthält, die man natürlich als Nahrungsergänzungsmittel kaufen kann. Diese »Zwischenwelt« nutzt die vertraute Symbolik des Wassers, verlässt aber die Basis der Religionen und Mythen und wird weltlich. Sie schafft neuzeitliche Mythen über das Wasser, die aber zum großen Teil geschäftlichen Zwecken dienen sollen.

Dieser Bereich jenseits der religiösen und der naturwissenschaftlichen Sichtweise ist das Gebiet der Pseudowissenschaft. Im Gegensatz zu Fragen des Glaubens sehen sich hier Naturwissenschaftler veranlasst, nachzuhaken und nach Beweisen zu fragen. Dass es dann zwischen der pseudowissenschaftlichen und der naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise Differenzen gibt, ist vorprogrammiert. Große Teile des vorliegenden Buches befassen sich mit Aspekten und Grenzüberschreitungen dieser Art.

Anmerkungen

- 1 Bibel, 1. Mose 1, 2
- 2 Koran, 21:30
- 3 Koran, 25:54
- 4 Dass nach anderen Stellen der Mensch aus Lehm oder Erde geschaffen wurde, spielt hier keine Rolle; s. Koran, 15:26, 30:20
- 5 Akrias Pase, Holzrelief, Daetz-Sammlung, Schloss Lichtenstein (2009)
- 6 Z. B.: Selbmann, S. (1995) Mythos Wasser: Symbolik und Kulturgeschichte, Badenia Verlag, Karlsruhe
- 7 Bibel, 1. Mose 7, 11-12
- 8 Bibel, 2. Mose 14
- 9 Bibel, 2. Mose 15, 23-25
- 10 Bibel, Johannes 2, 1-12
- 11 Bibel, Markus 6, 48-50
- 12 www.sueddeutsche.de/wissen/bibel-forschung-ein-eiskaltes-wunder-1.834693 (05 April 2006)
- 13 www.lichtwasser.ws/(21 September 2010)
- 14 www.hexe-lucia.de/?page-id=43777 (21 September 2010)

Wasser in der Natur

Im Jahr 1805 veröffentlichten die Wissenschaftler Joseph Gay-Lussac und Alexander von Humboldt ihre neueste Entdeckung: Wasser setzt sich aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff zusammen. H_2O , die wohl bekannteste chemische Formel der Welt, war geboren. Es war ein früher Meilenstein bei der noch immer andauernden Erforschung des Stoffes Wasser.

Zweihundert Jahre später, am 14. Januar 2005, erreichte die Weltraumsonde Huygens den Mond Titan, der den Planeten Saturn umkreist. Nach über acht Jahren Flugzeit durch den Weltraum landete sie auf seiner Oberfläche und schickte Bilder zur Erde zurück. Aus ihnen konnten Wissenschaftler schließen, dass sich auf der Oberfläche des Planetenmondes Wasser in Form von Eispartikel befand. Astronomen haben darüber hinaus schon seit vielen Jahren immer wieder über die Existenz von Wasser in den Weiten des Universums berichtet.

Zwischen diesen Dimensionen, dem winzigen Molekül und dem riesigen Universum, spannt sich der Bogen, der das Interesse der Naturwissenschaftler am Wasser beschreibt. Für keine andere Substanz der Erde gilt etwas Ähnliches.

Woher kommt das Wasser?

Die geschätzte Menge an Wasser auf der Erde umfasst rund 1,4 Milliarden Kubikkilometer (Abb. 5). Knapp 97% Prozent davon füllen die Ozeane und Meere, nur 3% liegen als Süßwasser vor, größtenteils als Eis in den Polkappen und in Gletschern. Als Süßwasser für Mensch und Natur bleibt damit nur noch 1% der gesamten Wassermenge, als Grundwasser, Flüsse und Seen. Diese Menge ist schließlich noch sehr unterschiedlich auf die Weltregionen zwi-

Wasserverteilung auf der Erde

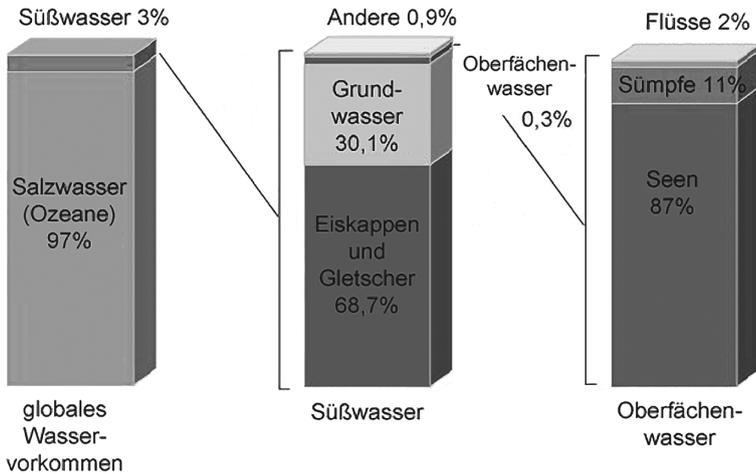


Abb. 5 Die Verteilung des Wassers auf der Erde [1]

schen Regenwäldern und Wüsten, großen Seen und Gebirgslandschaften verteilt.

Wo kommt das viele Wasser her? Zahlreiche Mythen beschreiben in der ihnen eigenen, bildhaften Sprache, wie es zu Urzeiten auf die Erde gekommen sein soll oder schon da war (s. Mythos Wasser). Naturwissenschaftler fragen aus beruflicher Gewohnheit etwas hartnäckiger nach: Wie entstand das Wasser tatsächlich? Wie kommt es auf die Erde? Warum in dieser Menge?

Über diese Fragen wird schon lange gerätselt. Vor allem in den letzten Jahrzehnten erhoffte man sich durch die Entsendung von Weltraumsonden, Wasservorkommen in anderen Teilen des Universums zu finden. Man wollte daraus Rückschlüsse auf die Herkunft des Wassers auf der Erde ziehen können. Bis dahin konnten größere Mengen nur als Eis auf Kometen nachgewiesen werden. Wie schnell sich jedoch die Erkenntnisse ändern können, zeigt eine NASA-Mission mit dem Ziel, an den Polen unseres Mondes nach Wasser zu suchen. Am 9. Oktober 2009 wurde die Weltraumsonde LCROSS gezielt in einem Krater des Mondes zum Absturz gebracht. Eine direkt nachfolgende Sonde analysierte Bestandteile in dem aufgewirbelten Mondstaub. Was viele Jahre nicht geglückt war, gelang diesmal: Es wurden in diesem Bereich etwa 90 Liter Wasser nachgewie-

sen, eine relativ große Menge angesichts der bisherigen Annahme, der Mond sei »trocken«. Die Auswertung und Interpretation der Daten ist (2010) jedoch noch in Gang.

Zur Entstehung des Wassers im Universum besagt eine heute gängige Theorie, dass sich im Lauf der langen Entwicklungsgeschichte des Universums, also nach dem Urknall vor etwa 15 Milliarden Jahren, zunächst Wasserstoffatome und später Sauerstoffatome aus der Urmaterie gebildet haben. Beide Elemente reagierten dann miteinander und bildeten riesige interstellare Wolken aus Wasser, die wegen der niedrigen Temperatur im Weltraum von -273°C als Eis vorliegen. Da diese chemische Reaktion immer noch weitergeht, entstehen ständig weitere große Mengen Wasser im All. Die Astrophysiker J. Müller und H. Lesch beschreiben dies anschaulich: »So entsteht beispielsweise in den Wolken des Orionnebels, einer riesigen Molekülwolke in unserer Milchstraße, täglich eine Wassermenge, die ausreichen würde, die irdischen Meere 60-mal zu füllen.« [2]

Für die mögliche Herkunft der Wassermengen auf der Erde gibt es derzeit zwei Theorien. Zum einen könnte das Wasser eine der Komponenten der Urgaswolke gewesen sein, aus der die Erde einst entstand. Nach einer anderen Theorie hat sich in der »nur« etwa 4 Milliarden Jahre langen Erdgeschichte durch Einschläge eishaltiger Kometen die große Wassermenge angesammelt, die man heute vorfindet. Einen Hinweis darauf lieferte 1999 ein Komet mit der Bezeichnung C/1999 S₄ LINEAR. Bei dessen Zerfall wurde Wasser beobachtet, das in der Isotopenzusammensetzung dem auf der Erde ähnlich war.

Auch wenn manches Detail in dieser komplizierten Kette von physikalischen und chemischen Reaktionen noch fehlt, gilt die Herkunft der großen Wassermengen auf der Erde heute im Grundsatz als geklärt. Darüber hinaus ist bislang auch weiterhin kein anderer Planet bekannt, auf dem das Wasser nicht nur in großer Menge, sondern auch in allen drei Aggregatzuständen – fest, flüssig und gasförmig – vorkommt.

Ursuppe und Biotop

Aus heutiger naturwissenschaftlicher Sicht entstand das Leben auf der Erde vor rund vier Milliarden Jahren im Wasser. Nach der ältesten

und bekanntesten Hypothese fand dieser Prozess in einer ›Ursuppe‹ statt. Sie bestand aus dem damals heißen Wasser, in dem einfache Moleküle wie Methan und Ammoniak aus der Uratmosphäre unter Energieeinwirkung von elektrischen Entladungen und UV-Strahlen miteinander reagierten. Nach dieser Theorie der chemischen Evolution bildeten sich zunächst einfache organische Moleküle, die wiederum miteinander reagierten und zunehmend komplexere Moleküle bildeten entsprechend dem Schema in Abb. 6.

Chemische Evolution des Lebens	Bildung von	Komplexität
Ursuppe (Wasser + einfache Moleküle + Energie) ↓↓ einfache organische Moleküle ↓ Bausteine für komplexe organische Moleküle ↓↓ komplexe organische Moleküle ↓	Molekülen	
Bildung einfacher Zellstrukturen ↓ Bildung komplexer Zellen ↓	Zellen	
Biologische Evolution: Bildung von komplexen Lebensformen	höheren Lebensformen	

Abb. 6 Schema der chemischen Evolution des Lebens aus der Ursuppe, gefolgt von der biologischen Evolution

Seit der Idee der Ursuppe gibt es noch weitere Hypothesen über die ersten Anfänge des Lebens. Zum Beispiel wurden die Entstehung und Entwicklung in der Nähe heißer Vulkanschlote auf dem Meeresgrund und sogar der Import von Molekülbausteinen durch Meteoriten, die auf der Erde einschlugen, vorgeschlagen. [3] Die letztere Theorie verschiebt aber die eigentliche Frage nach der Entstehung des

Lebens nur an eine andere Stelle im Universum. Unabhängig von den Hypothesen gilt jedoch die Annahme, dass kein Beginn und keine Weiterentwicklung von Leben ohne Wasser möglich gewesen wäre. Begründet wird dies mit seinen Eigenschaften, die die Formen des auf unserer Erde bekannten Lebens unterstützen: Es ist ein hervorragendes Lösemittel für viele Substanzen und damit ein geeignetes Medium für chemische und biochemische Reaktionen. Es ist im Temperaturbereich der biochemischen Prozesse flüssig und wirkt durch seine hohe Wärmekapazität ausgleichend bei Temperaturschwankungen. Weitere Eigenschaften werden bei den Anomalien des Wassers beschrieben.

Aus dem kochenden Urmeer sind durch die Abkühlung unseres Planeten inzwischen Ozeane und Meere mit moderaten Temperaturen geworden. Sie stellen ein riesiges Biotop mit einer buchstäblich nur oberflächlich bekannten Vielfalt an Tieren und Pflanzen dar. Erst in den letzten Jahrzehnten haben Wissenschaftler begonnen, die tieferen, dunklen Meeresschichten und den Meeresboden zu erforschen. Im Jahr 2000 wurde eine internationale Bestandsaufnahme der Meeresorganismen (engl. Census of Marine Life) ins Leben gerufen. Mehr als 2000 Forscher aus rund 80 Ländern beteiligten sich daran. [4] Ihr Ziel war es, in diesem 10-jährigen Projekt die Vielfalt und Verteilung des marinen Lebens zu erfassen. Sie fanden bisher etwa 230 000 Arten, darunter erstaunliche Organismen mit bizarren Körperformen (s. Abb. 7) und ungewöhnliche Körperfunktionen, z. B. Blitzlichter zur Täuschung und Abwehr von Feinden. Eine der neuesten Entdeckungen stellte der Fund dar, dass Bakterien in großer Zahl und Vielfalt im Meer vorkommen, darunter Arten, die bei über 100 °C in der Umgebung von Vulkanschloten am Meeresgrund existieren. [5, 6] Es wird gegenwärtig geschätzt, dass in den unterschiedlichen Meeresregionen mindestens eine Milliarde verschiedener Bakterienarten existieren.

Es hat den Anschein, als würden wir in den riesigen Wassermassen der Erde noch viele Geheimnisse kennenlernen. Der Mythos vom dunklen, unerforschten Ozean gilt zwar noch, er hat aber erste Kratzer bekommen. Nachdem nun die Naturwissenschaft diesen Teil der Erde ins Auge gefasst hat, bleibt sie nach aller Erfahrung an dessen Erforschung, auch wenn es viele Jahrzehnte dauern wird. Sicherlich wird dies eine spannende Suche und man darf nach den bisherigen Daten noch viele aufregende Ergebnisse erwarten.



Abb. 7 Bestandsaufnahme in der Tiefsee: Dieser Drachenfisch hat sogar auf der Zunge Zähne

Wasserkreislauf und Klima

Die wohl wichtigste Naturerscheinung für die Menschen und für alle Lebewesen ist der Kreislauf des Wassers. Darunter versteht man die ständigen Übergänge, die mit dem Wasser in all seinen Erscheinungsformen vor sich gehen: Flüsse, Seen, Ozeane und Eis auf der Erde, Grundwasser in der Erde oder Wasserdampf, Wolken und Niederschläge in der Atmosphäre. In Abb. 8 ist ein einfaches Schema dieses Kreislaufs zu sehen. Die Wissenschaften Hydrologie und Klimatologie untersuchen genauer, wie der regionale Wasserkreislauf die sehr unterschiedlichen Landschaften zwischen dem Äquator und den Polkappen prägt.

Um diesen Kreislauf in Gang zu halten, braucht es eine ergiebige Energiequelle: unsere Sonne. In jedem Meer nimmt das Wasser die einstrahlende Sonnenenergie auf und wird dadurch zu einem schier unerschöpflichen Reservoir an Energie, ähnlich einer riesigen Wärmeflasche. Der geschilderte Wasserkreislauf bringt nun das lebensnot-

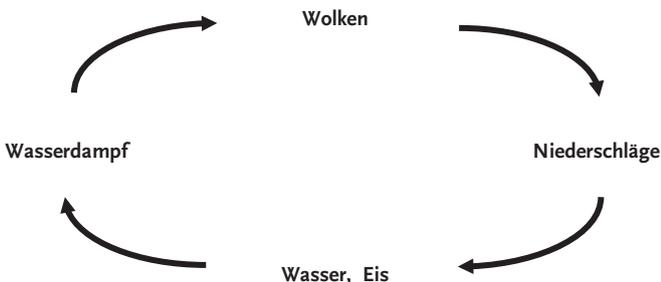


Abb. 8 Schema des Wasserkreislaufs in der Natur

wendige Wasser, aber auch diese Energie in Form von Wolken und Niederschlägen praktisch in alle Regionen der Erde. Er kann daher vereinfacht auch als gigantische Wärmepumpe gesehen werden, deren Energie aus der Sonne kommt und deren Übertragungsmedium das Wasser ist. Das kurzfristige Wetter und auch das langfristige Klima jeder Region werden in starkem Maß vom Wasserkreislauf beeinflusst.

Besonders deutlich kann man diese globale Wärmepumpe bei der Bildung von Hurrikanen (Taifunen) beobachten. Dabei handelt es sich um riesige Wirbelstürme, die sich über warmen Ozeanen bilden. Dort saugen sie den Wasserdampf von der Oberfläche in die Atmosphäre und bilden Wolkenbereiche von vielen 100 km Ausmaß. Der Wirbelsturm zieht weiter und das Wasser fällt als Regen auf die Erde zurück. An einer Küste kann er verheerende Überschwemmungen auslösen, vor allem in Verbindung mit den hohen Sturmstärken, die charakteristisch für die Hurrikane sind.

Aus dem Schema des Wasserkreislaufs kann man aber auch Rückschlüsse auf mögliche Klimaänderungen ziehen. Wenn sich die Erde – und damit die Ozeane und die Atmosphäre – auch nur geringfügig erwärmen, kann es zu erhöhten Turbulenzen in der Atmosphäre kommen. Als Folge verdunstet mehr Wasser in die Atmosphäre, begleitet von mehr Energie. Die Folge wiederum sind verstärkte Wolkenbildung und damit Niederschläge. Dieser Kreislauf von Wasser und Energie könnte letztlich zu mehr Wirbelstürmen und anderen Wetterkatastrophen führen. Solche Szenarien werden in der Diskussion der Naturwissenschaftler über den Klimawandel eingehend beschrieben. Nicht zu vergessen sind hier natürlich noch andere Einflussfaktoren wie z. B. Vulkanausbrüche, Sonnenflecken oder El Niño-Ereignisse.

Nutzen und Katastrophen

Wenn man von Energie spricht, meinen die Physiker damit die Eigenschaft der Materie, Arbeit verrichten zu können. In unserem Zusammenhang sind damit zwei Arten gemeint: die potenzielle (Lage-)Energie und die kinetische (Bewegungs-)Energie. Beide Energiearten, genauer ihre Wirkungen, spielen im Wasserkreislauf und für uns Menschen eine große Bedeutung. Sie sollen daher kurz erläutert werden.

Angenommen, eine Kugel liegt auf dem Fußboden (Abb. 9). Sie hat in Bezug auf diesen Boden keine Energie. Hebt man sie auf einen Tisch, bringt man Energie auf, die dadurch in der Kugel in potenzielle Energie umgewandelt wird. Fällt nun die Kugel vom Tisch, verwandelt sich ihre potenzielle in kinetische Energie. Durch sie kann die Kugel nun Arbeit verrichten, z. B. einen Porzellanteller zertrümmern. Auf dem Boden wieder angekommen, ist ihre Energie verbraucht und die Ausgangslage mit null Energie wieder erreicht.

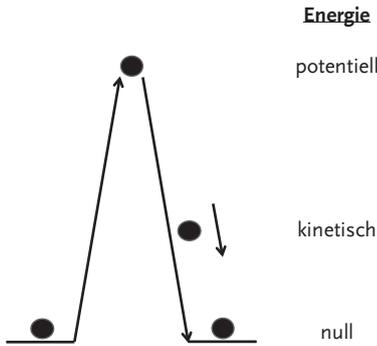


Abb. 9 Zusammenhang von potenzieller und kinetischer Energie eines Körpers (hier einer Kugel)

Um die Wirkung der Energie im Wasserkreislauf zu erkennen, brauchen wir gedanklich nur die Kugel gegen ein Wassermolekül oder einen Wassertropfen auszutauschen. Wir können dann leicht erkennen, dass mithilfe der Sonnenenergie das Wasser verdunstet, mit potenzieller Energie versehen wird und in die Atmosphäre gelangt. Das Wasser in einer Wolke, die sich in der Höhe dann bildet, besitzt also ein enormes Potenzial Arbeit zu verrichten, im Guten wie im Schlechten (Abb. 10).

Die Nutzung der potenziellen und kinetischen Wasserenergie ist bereits im Altertum gängige Technik gewesen. Vor allem handelte es sich dabei um die Anlage von höher gelegenen Wasserreservoirs und die Weiterleitung des Wassers zu den Siedlungen, die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen, der Betrieb von Wassermühlen und die Binnenschifffahrt. Vieles davon ist im Prinzip heute noch in Gebrauch, wenn auch unter Verwendung moderner Technik. Dazu kam durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik die Energiegewinnung durch Stauseen, die letztlich ebenfalls eine Nutzung gespeicherter Sonnenenergie darstellt (Abb. 11 bis 12).



Abb. 10 Sich aufräumende Wolken besitzen viel Energie



Abb. 11 Eine Wasserkaskade als Naturerlebnis



Abb. 12 Erzeugung elektrischer Energie (hier das Walchenseekraftwerk)

Das andere, negative Bild der Wasserenergie sind die verschiedenen Formen von Katastrophen, die die Natur und die Zivilisation immer wieder heimsuchen: Fluten, Überschwemmungen oder Sturzbäche, oft verbunden mit Schlamm- und Gerölllawinen. Bei solchen Naturprozessen wird zu viel unkontrollierte Wasserenergie frei und kann einen entsprechend hohen Schaden anrichten (Abb. 13).

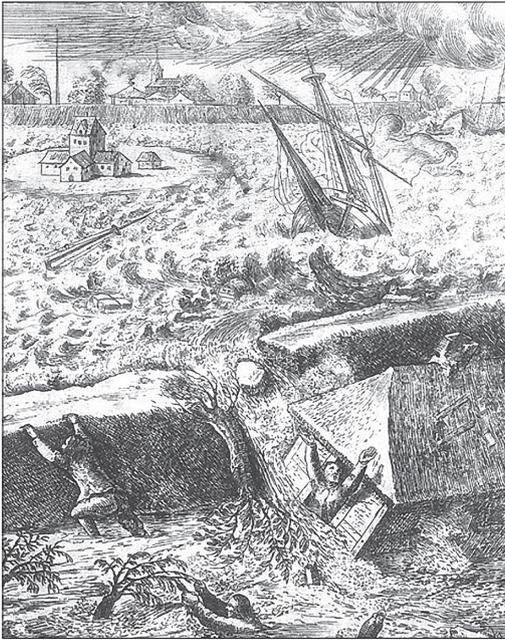


Abb. 13 Historische Darstellung eines Deichbruchs.

Es ist dieses doppelte Gesicht des Wassers, das das Verhältnis zwischen ihm und uns Menschen schon immer geprägt hat. War früher die regelmäßige Überschwemmung von Flussauen oder die Bewässerung für die Landwirtschaft willkommen, haben an anderer Stelle Fluten bis heute immer wieder ganze Ernten vernichtet. Auch das Gegenteil, Wassermangel und Dürre, stellen eine ähnliche Katastrophe für Natur und Menschen dar und bedrohen ihre Existenz. Immer noch hängt vom richtigen Maß an Wasser die Existenz des Lebens ab. Es ist nicht verwunderlich, dass die Menschen seit langem versucht haben, solch negativen Einflüssen des Wassers durch Wissenschaft und Technik entgegenzuwirken, mit mehr oder weniger Erfolg.

Die geologische Wirkung des Wassers

Verwitterung

Weitere wichtige Eigenschaften des Wassers verändern buchstäblich das Erscheinungsbild unserer Erde. Wie jede andere Flüssigkeit zieht es sich beim Abkühlen zusammen. Beim Gefrieren tritt nun eine Volumenvergrößerung statt, verursacht durch die Bildung besonderer Kristalle. Beim Kristallaufbau des Eises bilden sich nämlich zahlreiche Hohlräume, die eine Volumenvergrößerung um ca. 9% im Vergleich zum Wasser zur Folge haben. Die Ausdehnung des Eises nimmt mit tieferer Temperatur noch zu und kann schließlich dazu führen, dass ein Stück eines Gesteins abgesprengt wird. Man spricht dabei von Frostverwitterung (Abb. 14).

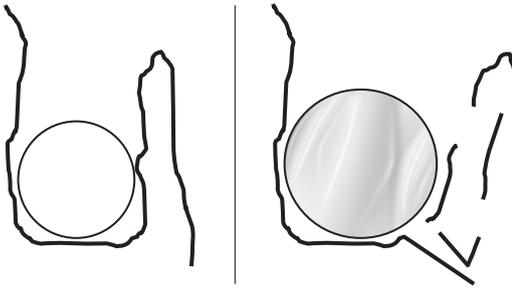
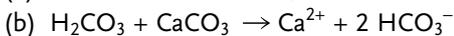


Abb. 14 Schema der Frostverwitterung von Gestein durch Wasser: links – Wassertropfen in einer Gesteinspalte; rechts – Der gefrorene Wassertropfen hat sich ausgedehnt und ein Stück Gestein abgesprengt. (Die Größe der Ausdehnung des Wassertropfens ist übertrieben, um den Effekt besser zu zeigen.)

Neben dieser physikalischen Verwitterung durch Sprengen des Gesteins agiert das Wasser bei der chemischen Verwitterung als Lösemittel. Zum einen kann es sich mit dem Kohlenstoffdioxid (CO_2) verbinden und Kohlensäure bilden (a). Diese greift dann den Kalk in Gesteinen an und löst ihn auf (b):



Das feste Gestein wird durch diese chemische Reaktion aufgelöst, die entstehenden Ionen werden im Wasser fortgespült. (Die sog-

nannte Wasserhärte entsteht zum Teil durch diesen Prozess.) In einer weiteren Reaktion können die im Wasser gelösten Wasserstoffionen (H^+) der Kohlensäure in bestimmten Mineralien Kationen wie Kalium (K^+) und Magnesium (Mg^{2+}) im Austausch ersetzen. Dadurch wird die Mineralstruktur verändert und die Festigkeit zerstört, das Gestein verwittert.

Erosion

Der Einfluss des Wassers geht aber noch weiter. Lockere Gesteinstteile werden von Wasser fortgespült, es tritt Erosion ein. Verwitterung und Erosion können im Lauf vieler Jahre zum Abtragen von Bergen und schließlich zu einer Veränderung ganzer Landschaften führen. Es gibt sogar Sprichwörter, die sich auf diese Aktionen beziehen: »Steter Tropfen höhlt den Stein« oder »Das weiche Wasser besiegt den harten Stein«. Sie sind physikalisch und chemisch gesehen durchaus gerechtfertigt.

Nivellierung

Was geologische Kräfte, etwa die Bewegung tektonischer Platten oder Vulkane, überall auf der Erde an Strukturen aufbauen, wird durch das Wasser wieder eingeebnet: Verwitterung, Erosion, Geschiebetransport und Fluten sind die hauptsächlichen Kräfte, die zum Abtrag von Gebirgen, zu Dammbriichen und zur Zerstörung von Fluss- und Küstenlandschaften führen. Im zeitlichen Ablauf kann dies in weniger als einer Stunde bis hin zu Millionen Jahren geschehen.

Wasser nivelliert also im physikalischen Sinn Hohes und Tiefes. Dabei werden wir Menschen immer wieder darauf hingewiesen, dass sich der Zeitbegriff für uns nur auf eine eng begrenzte Erfahrung und Zeitspanne bezieht. Was sind schon die rund 100 Jahre eines langen menschlichen Lebens gegenüber der Faltung und dem Abtragen der Alpen, des Himalaja oder der Rocky Mountains im Lauf einiger hundert Millionen Jahre? Es bleibt für uns letztlich unvorstellbar, wie sich riesige Gebirge durch geologische Kräfte gebildet und durch die Wirkung des Wassers bereits wieder verändert haben. Wir können den jetzigen Zustand der Erde nur als Momentaufnahme beobachten.

Wasser im Körper

Häufig liest man den Satz, dass der Mensch zu etwa 70 % aus Wasser besteht. Nun besteht sein Körper nicht einfach aus einer Hülle aus Haut, gefüllt mit ein paar Knochen und Wasser. Vielmehr ist es in den verschiedenen Körperteilen und Zellen unterschiedlich verteilt und erlaubt die jeweils spezifische Funktion eines Organs. Hier sind drei Beispiele:

- Die Nahrung wird im Mund mithilfe des Speichels (bestehend aus mehr als 90 % Wasser) zerkleinert, verflüssigt und in den Magen transportiert. Im Magen-Darmtrakt werden diesem Brei weitere wasserhaltige Verdauungssäfte zugefügt und schließlich die Nährstoffe entzogen. Dieser komplexe Vorgang ist nur möglich, wenn ausreichend Wasser zur Verfügung steht.
- Das Blut (etwa 5 Liter bei Erwachsenen, bestehend aus mehr als 2/3 Wasser), zirkuliert in unseren Adern und transportiert unter anderem Sauerstoff, Nährstoffe und eine große Zahl biochemischer Stoffe, zum Teil in geringsten Konzentrationen.
- Alle biochemischen Reaktionen in unserem Körper finden in einem durch Wasser bestimmten Medium statt. Daher gäbe es ohne Wasser keinen Stoffwechsel, keine Energieerzeugung zum Fahrrad fahren und keinen Kuss wegen fehlender Hormone.

Unzählige Vorgänge dieser Art stehen hinter der banalen Feststellung, dass der menschliche Körper größtenteils aus Wasser besteht.

Wasser ist überall

Bei dieser Allgegenwart und Bedeutung des Wassers ist es nicht verwunderlich, dass es darüber noch eine große Zahl von Rätseln gibt, angefangen bei seiner Existenz im Weltall bis hin zu seinen Eigenschaften im molekularen Bereich. Auf welchem Arbeitsgebiet und in welcher Größenskala man sich auch bei der Erforschung der Welt bewegt, man stößt immer wieder auf das kleine Molekül Wasser.

Die Tabelle 1 fasst dies in konzentrierter Form zusammen. Dabei bedeutet jede Größenordnung für sich wiederum ein riesiges Feld der menschlichen Erfahrung und der wissenschaftlichen Forschung.

Die Naturwissenschaft ist noch weit davon entfernt, alle Fragen um das Wasser beantworten zu können. Obwohl die Kenntnisse darüber inzwischen angewachsen sind, trifft der Ausspruch von Isaac Newton weiterhin zu: »Was wir wissen, ist ein Tropfen; was wir nicht wissen, ein Ozean.«

Tab. 1 Bedeutung des Wassers bezüglich verschiedener Größenordnungen und Lebensbereiche

Größenordnung	Eigenschaften/Lebensbereich
Molekül	<ul style="list-style-type: none"> • Zahlreiche erstaunliche und für den Menschen nützliche Eigenschaften • Zahlreiche Anomalien, zum Teil noch ungeklärt
lebende Zelle	<ul style="list-style-type: none"> • Medium für die biochemischen Vorgänge im Körper
Lebewesen	<ul style="list-style-type: none"> • Beginn und Entwicklung des Lebens auf der Welt im Wasser • wichtigstes Lebensmittel • wichtiges Biotop
Gemeinschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlage jeder Zivilisation • Grundlage für Wirtschaft und Handel
Erde	<ul style="list-style-type: none"> • »Blauer Planet«: 70% der Erdoberfläche werden von Wasser bedeckt • der Wasserkreislauf formt die Erde und bestimmt das Leben
Universum	<ul style="list-style-type: none"> • Wasser wurde auf Himmelskörpern gefunden

Leider werden offene wissenschaftliche Fragen auch dazu genutzt, pseudowissenschaftliche Antworten für die vielen noch unbekanntem Seiten des Wassers zu geben. Schlimmer noch: Mit diesen Behauptungen will man nicht der Wissenschaft dienen, sondern lediglich Geschäfte machen. Manchmal sind diese Erklärungen erkennbar unsinnig, in vielen Fällen aber auch in scheinbar wissenschaftlichen Formulierungen versteckt. Häufig behaupten diese Pseudowissenschaftler dann auch noch, ihre Erkenntnisse seien von der »offiziellen« Wissenschaft noch nicht anerkannt. Dieser Ausspruch wird von ihnen geradezu als Gütesiegel für die Wahrheit dieser angeblichen Erkenntnisse verwendet. Dass aber auch ihre Behauptungen ohne Beweise dastehen, wird dabei oft verschwiegen. Beim Lesen der folgenden Kapitel wird man immer wieder auf solche Behauptungen über Eigenschaften und Wirkungen des Wassers stoßen.

Anmerkungen

- 1 <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wasserverteilung-auf-der-Erde.png?uselang=de> (21 September 2010)
- 2 Müller, J., Lesch, H. (2003) Woher kommt das Wasser der Erde? – Urgaswolke oder Meteoriten. *Chemie in unserer Zeit* 37(4), 242-246
- 3 <http://de.wikipedia.org/wiki/Ursuppe> (16 August 2010)
- 4 www.coml.org (21 September 2010)
- 5 Schuh, H. (2010) Warum wissen wir so wenig über das Meer? *DIE ZEIT* Nr. 30, 29-30
- 6 Schuh, H. (2010) Neptuns Tierwelt. *DIE ZEIT* Nr. 38, 39-40

Trinkwasser

Nach allem, was wir heute wissen, entwickelte sich das Leben auf der Erde vor einigen Milliarden Jahren im Wasser. Eines der Ergebnisse der seither erfolgten Evolution ist der Mensch. Obwohl er längst ein Landlebewesen geworden ist, bestimmt auch bei ihm die Existenz des Wassers nach wie vor das gesamte Dasein. Er kann nicht existieren, ohne ausreichend damit versorgt zu werden.

Die Qualität unseres Trinkwassers

Einen Teil seines Bedarfs nimmt der Mensch über Trinkwasser und andere Getränke auf, einen weiteren Teil über das Essen in den verschiedensten Variationen. Der Wassergehalt der Nahrungsmittel wird oft unterschätzt. Manche von ihnen, wie Obst und Gemüse, bestehen oft zu drei Viertel und mehr aus Wasser. Welche Arten von Wasser für den Menschen zugelassen sind, wird in Tabelle 2 beschrieben.

Alle diese Wasserarten haben gemeinsam, dass sie öffentlich zugänglich sind, unter der Kontrolle von Behörden stehen und dem naturwissenschaftlichen Bild des Wassers entsprechen, das im Kapitel »Naturwissenschaftliche Betrachtung des Wassers« beschrieben wird. Für pseudowissenschaftliche Ideen, die noch ausführlich beschrieben werden, ist in diesem Bereich kein Platz.

In ihrer Geschichte mussten die Menschen immer wieder schlechte Erfahrungen mit verschmutztem Trinkwasser machen. Daher gibt es inzwischen in vielen Ländern Regelungen zur Kontrolle des Trinkwassers, um eine Gefährdung der Bevölkerung durch die Verwendung von ungeeignetem Wasser auszuschließen.

Tab. 2 Gesetzlich definierte Wasserarten für den menschlichen Gebrauch (Regelungen in der Europäischen Union)

Trinkwasser	ist öffentlich zugänglich und seine Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung erfolgt nach der »Verordnung über die Qualität von Wasser zum menschlichen Gebrauch« (Trinkwasser-Verordnung). [1]
Quellwasser	hat seinen Ursprung in unterirdischen Wasservorkommen und wird aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen.
Mineralwasser	hat seinen Ursprung in unterirdischen Quellen und ist gekennzeichnet durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung).
Tafelwasser	ist ein mehr oder weniger künstlich zusammengestelltes Wasser mit nur noch bedingt natürlichem Ursprung, das auch Zusatzstoffe enthalten kann (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung).
Heilwasser	enthält einen oder mehrere Mineralstoffe oder auch Gase in höherer Konzentration als Mineralwasser. Es muss aus speziellen Heilquellen stammen und eine medizinische Wirksamkeit aufweisen. Es unterliegt den Richtlinien des Arzneimittelgesetzes.

Die grundlegenden Anforderungen darin lauten:

- Wasser für den menschlichen Gebrauch muss frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein.
- Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen Krankheitserreger nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.
- Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen chemische Stoffe nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.

Um die geforderte Wasserqualität zu erreichen, setzen Wasserwerke je nach Bedarf verschiedene Verfahren zur Aufbereitung ein (Abb. 15). Folgende Methoden lassen sich unterscheiden:

- Absetzen von Schmutzteilchen mit und ohne Fällmittel,
- natürliche und künstliche Filter,
- Belüftung, Verdüsen und Einpressen von Luft,
- biologische Verfahren,
- chemische Verfahren.



Abb. 15 Wasseraufbereitung in einem Wasserwerk

Krank durch Trinkwasser?

In früheren Zeiten war das Wasser immer wieder Ursache für Krankheiten und die Ausbreitung von Epidemien. Vor allem Durchfallerkrankungen wie Typhus, Cholera und Ruhr waren weit verbreitet. Noch während der letzten Choleraepidemie in Hamburg 1892 erkrankten 17 000 Menschen, 8600 davon starben an der Krankheit. Damals galt sicherlich noch die Feststellung des französischen Forschers Louis Pasteur: »Wir trinken 90% unserer Krankheiten.«.

In den letzten 100 Jahren hat sich aber auf dem Gebiet der Trinkwasserversorgung viel getan. Mit der medizinischen Erforschung der Krankheiten entdeckte man im 19. Jahrhundert auch die Rolle des Trinkwassers bei der Ausbreitung von Seuchen. Daraus ergab sich als Konsequenz die Notwendigkeit, sauberes Wasser öffentlich zur Verfügung zu stellen. Durch eine Aufbereitung des Trinkwassers und die Behandlung der Abwässer wurde dann die Möglichkeit geschaffen, die Bevölkerung vor einer weiteren Ausbreitung von Krankheitskeimen zu schützen.

Mit der Industrialisierung einer Region kam allerdings eine neue Bedrohung der Menschen über die Wasserversorgung hinzu: Die Belastung durch chemische Schadstoffe. Sie gelangten in zunehmenden Mengen durch Abwässer und Abfälle aus Industrieanlagen, später auch aus kommunalen Abwasseranlagen, auf die umliegenden Böden und in die Gewässer. Das Grundwasser und die Flüsse transportierten die aufgenommenen Schadstoffe weiter. Die Folge war, dass das Trinkwasser in den betroffenen Gebieten belastet war.

Wie bei der Bekämpfung der mikrobiellen Verseuchung dauerte es auch hier wiederum – in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts – mehrere Jahrzehnte, bis man die Gefahr in vollem Umfang erkannt hatte. Vor allem drei Wege wurden eingeschlagen, um diese Belastung unter Kontrolle zu bekommen: Zum einen wurden Kläranlagen gebaut, die einen Teil der Schadstoffe abfangen konnten, bevor sie sich in der Umwelt ausbreiten konnten. Des Weiteren wurden die Herstellungsprozesse für gefährliche Produkte so verändert, dass die Verwendung von Schadstoffen schon an der Quelle vermindert wurde. Dies ging bis hin zum Verbot einzelner, besonders gefährlicher Produkte, wie z. B. das bleihaltige Autobenzin und das Insektizid DDT. Schließlich wurde die Aufbereitung des Trinkwassers so weit verbessert, dass darin enthaltene Schadstoffe in industrialisierten Regionen praktisch keine Rolle mehr spielen.

Es darf nicht verschwiegen werden, dass es gegenwärtig auch in den industrialisierten Ländern noch und wieder Probleme mit der Trinkwasserqualität gibt. Ein Blick in Fachzeitschriften zeigt dies deutlich. Neue Problemstoffe tauchen auf, wie z. B. Hormone (etwa aus Antibabypillen), hormonähnliche Stoffe oder Arzneimittelrückstände. Diese Substanzen werden selbst durch moderne Kläranlagen nicht ausreichend zurückgehalten und gelangen über die Gewässer und die Uferfiltration in das Trinkwasser. Nach gegenwärtigen Kenntnissen sind ihre Konzentrationen jedoch so gering, dass sie keine erkennbaren Schäden anrichten. [2] Die Fachleute sind sich jedenfalls dieser Gefahr bewusst und arbeiten an Verbesserungen.

Trotzdem wird immer wieder behauptet, dass wir in hochtechnisierten Ländern durch Trinkwasser aus der öffentlichen Versorgung krank werden können. Drei Punkte werden vor allem aufgeführt: »Das Trinkwasser macht krank!«, »Das Trinkwasser ist nicht mehr lebendig!« und »Es ist tot!«. Diese Behauptungen werden ständig weiter propagiert, ohne dass dafür Nachweise gebracht werden. Es

wird von Personen weiter gepflegt, die damit Geld verdienen wollen oder nicht informiert sind. Stellen Sie sich selbst einmal die Frage: Wie viele Personen sind Ihnen bekannt, die nachweislich durch Trinkwasser krank geworden sind? Dabei steht natürlich im Hintergrund immer die umfassendere Frage: Wie wird unser Körper durch die Qualität der gesamten Ernährung, aber auch durch andere Faktoren unserer Lebensweise, wie Rauchen, Alkohol oder fehlende körperliche Bewegung, langfristig geschädigt? Es ist nicht bekannt, dass sachkundig aufbereitetes Trinkwasser in diesem Zusammenhang eine gefährliche Rolle spielt. Alles andere sind Märchen vom verbesserten, aber auch teureren Wasser.

In industrialisierten Ländern sollte man daher mit dem Mythos aufräumen, dass normales Trinkwasser krank macht. Seine Qualität ist zumindest dort gesichert, sodass Gefahren von ihm langfristig nicht mehr ausgehen. Dies trifft natürlich nicht auf Sonderfälle zu, wenn z. B. nach Chemikalienunfällen oder Hochwasserkatastrophen Trinkwassergebiete verseucht sind.

Allerdings gibt es noch viele Gegenden in der Welt, wo tatsächlich noch Krankheiten durch das Trinkwasser verursacht werden. Die Vereinten Nationen haben geschätzt, dass für rund ein Zehntel der Weltbevölkerung verschmutztes Wasser immer noch die hauptsächliche Ursachen für Erkrankungen und Todesfälle sind. Ursache hierfür sind in der Regel ein unverantwortlicher Umgang mit Schadstoffen in Industrie und Landwirtschaft, eine unzureichende Technik von Wasserversorgung und Abwasserreinigung und in seltenen Fällen ein tatsächlicher Wassermangel (Abb. 16). Dies sind Bedingungen, die durch entsprechende Maßnahmen verbessert werden müssen und können, um eine Bevölkerung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser zu versorgen. Dass dies nicht in ausreichendem Maß geschieht, liegt in der Regel an den politischen Prioritäten, die die herrschenden Gruppen in ihren Ländern etabliert haben, und nicht an den fehlenden technischen Mitteln. Das Problem ist jedoch so groß, dass die Vereinten Nationen 2010 beschlossen haben, den Zugang zu einwandfreiem Trinkwasser zu einem allgemeinen Menschenrecht zu erklären. Dieses Recht kann zwar nicht eingeklagt werden, hat aber einen hohen symbolischen Wert. Es ist zu hoffen, dass dieser Schritt zumindest langfristig die Trinkwasserversorgung in den betroffenen Regionen verbessert.



Abb. 16 Ungesicherte Wasserreservoirs sind immer in Gefahr, durch Abwässer aus Industrie, Kommunen und Landwirtschaft verunreinigt zu werden.

Mit pseudowissenschaftlichen Behandlungen des Wassers, die im vorliegenden Buch beschrieben werden, lassen sich diese Probleme nicht beseitigen. Es wäre nutzlos, sich damit eine Verbesserung der Situation zu erhoffen. Diese Behandlungen sind nämlich auf dem Luxus aufgebaut, technisch und hygienisch einwandfreies Trinkwasser als Ausgangsprodukt zur Verfügung zu haben.

Der Geschmack des Wassers

Auch wenn Wasser als »sauber« gilt, gibt es doch qualitative Unterschiede. Das bringt uns zu einer grundlegenden Frage: Warum schmeckt eigentlich Wasser gut oder schlecht? Worin liegt der Unterschied zwischen »frischem« Quellwasser und »fadem« Leitungswasser? Die Antwort darauf ist von Bedeutung, will man die Tricks der Anbieter von »verbessertem« Wasser durchschauen. Die Antwort liegt zum einen in der Wassertemperatur, zum anderen in den Inhaltsstoffen des Wassers und schließlich in einer subjektiven Bewertung.

Die Wirkung der Temperatur ist wohl allen bekannt: Füllt man sich im Sommer ein Glas Leitungswasser ab, schmeckt es zunächst wenig erfrischend. Man kann dann das Wasser erst einige Zeit ablaufen lassen, bevor man sich das nachfolgende, kühlere Wasser eingießt. Obwohl es die gleiche stoffliche Qualität hat, schmeckt es deutlich erfrischender. Warum? Das kühlere Wasser floss aus dem Bereich des Kellers oder des Erdbodens nach. Diese niedrigere Temperatur

Eine eigene Erfahrung

In einem Sport-Hotel fand ich neben dem Büffet einen Wasserhahn vor mit der Überschrift »Grander-Quelle«. Meine Nachfrage beim Wirt ergab, dass es sich nicht – wie suggeriert – um Quellwasser handelte, sondern um Leitungswasser, das nach der sog. »Grander-Technologie« behandelt worden war. Meine Beurteilung, dass es trotzdem fad schmecken würde, nahm er schulterzuckend hin.

Der fade Geschmack war kein Wunder: Das Wasser aus dieser »Quelle« wurde nur zu den Mahlzeiten und nur glasweise entnommen, der Durchfluss war entsprechend gering. Das Wasser stand also länger in der Leitung als an anderen Entnahmestellen, z. B. in der Küche oder im Bad. Da half auch keine »Verbesserung« des Wassers durch die Vorbehandlung (s. Kapitel »Informieren Sie Ihr Wasser!«).

allein genügt bereits, dass das Wasser frischer schmeckt. Dieser Trick wird gelegentlich angewandt, wenn gerade ein Gerät zur »Verbesserung« des Leitungswassers eingebaut wurde: Zur Installation musste viel Wasser ablaufen, das nachfolgende Wasser kommt aus dem kühlen Erdboden, und unmittelbar nach der Installation des Gerätes schmeckt das erste Wasser natürlich frischer – weil es kühler ist. Ein einfaches Thermometer würde dies zeigen. Das soeben eingebaute Gerät hat mit dem frischeren Geschmack nichts zu tun.

Der Einfluss der gelösten Wasserinhaltsstoffe ist etwas schwieriger zu deuten. Es handelt sich dabei um Stoffe, die durch unseren Geschmacks- und Geruchssinn wahrgenommen werden:

- Salze bzw. deren Ionen, wie z. B. Natrium, Calcium, Eisen, Chlorid oder Carbonat, die dem Wasser den mineralischen Geschmack verleihen,
- gelöste Gase, wie etwa Kohlendioxid oder Sauerstoff, die das Wasser frischer, prickelnder machen, oder Schwefelwasserstoff, der einen Geruch nach faulen Eiern verursacht,
- weitere Stoffe, die durch eine technische Behandlung oder ungeeignetes Rohrmaterial in das Wasser gelangt sind: Beispiele sind Chlorverbindungen oder organische Stoffe, die Wasser gelegentlich unangenehm muffig riechen lassen.

Wie ein Wasser letztlich schmeckt, hängt von der Mischung dieser Faktoren ab und macht die enorme Vielfalt der Trink- und Mineralwasserqualität aus.

Ein Postskriptum

Aussage eines Chemie-Professors um 1880: »Das Wasser, H₂O, ist eine hellklar durchsichtige Flüssigkeit, welche den Menschen früherer Zeiten als Getränk diente«. [3] Im Gegensatz zu der sehr persönlichen Lehrmeinung dieses Dozenten ist auch heute noch Trinkwasser das Lebensmittel Nr. 1.

Anmerkungen

- 1 <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/trinkvw-2001/gesamt.pdf>
- 2 Ternes, T. (2008) Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf. Vom Wasser 106, 27-30
- 3 Fliegende Blätter (1880), zitiert nach Lützeler, H. (1976) Heinrich Lützeler's fröhliche Wissenschaft, Verlag Herder, Freiburg

Naturwissenschaftliche Betrachtung des Wassers

Was ist Wasser?

Es steht außer Zweifel, dass das Wasser ein außergewöhnlicher Stoff ist. Es gibt keine andere Substanz auf der Erde, die die organische und anorganische Welt wie auch die Menschen so intensiv beeinflusst. Dichter und Maler beziehen das Wasser thematisch in ihre Kunst ein. Techniker versuchen seit Jahrtausenden, das Wasser zu zähmen und für die Menschen nutzbar zu machen. Naturwissenschaftler arbeiten bis auf den heutigen Tag an der Aufklärung der Frage: »Was ist Wasser?«

Die Entdeckung, dass Wasser aus den zwei Elementen Wasserstoff und Sauerstoff besteht, war sicherlich ein riesiger Meilenstein auf diesem Weg. Mit dem Fortschritt in den Naturwissenschaften ergaben sich jedoch immer neue Fragen. Eine wesentliche Erkenntnis für das Verständnis vieler Besonderheiten liegt in der Molekülstruktur des Wassers. Wir müssen uns also für kurze Zeit in eine unsichtbare Welt, in die Welt der kleinen Materieteilchen begeben.

Die kleinste Einheit: Das Wassermolekül

Aufbau und Struktur

Die Physiker haben schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts herausgefunden, dass ein Atom im Wesentlichen aus einem Kern und einer bestimmten Anzahl von Elektronen besteht. Nach dem sogenannten Teilchenmodell ist der Kern von Elektronen umgeben, die sich auf mehrere Ebenen verteilen können. Beim Wasserstoff und Sauerstoff sieht dies folgendermaßen aus (Abb. 17):

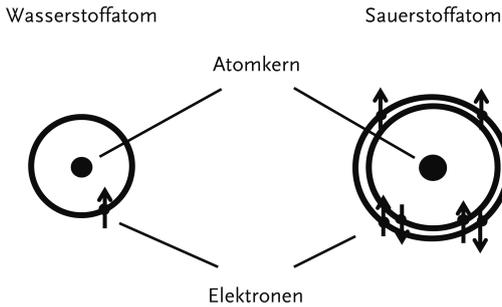


Abb. 17 Aufbau des Wasserstoff- und des Sauerstoffatoms (die beim Sauerstoff dargestellten Elektronen sind nur die äußeren Bindungselektronen)

Die den Kern umkreisenden Elektronen haben alle einen rechten oder linken Spin, dargestellt als \uparrow (rechts) und \downarrow (links). Elektronen, die sich auf gleichen Umlaufbahnen bewegen, sind nach einem physikalischen Prinzip soweit wie möglich paarweise mit einem rechten (\uparrow) und einem linken (\downarrow) Spin gekoppelt ($\uparrow\downarrow$). Sie neutralisieren sich sozusagen in ihren entgegengesetzten Spins. Außer beim Wasserstoff mit nur einem Elektron ist es demnach nicht möglich, dass in einem normalen Atom die Mehrzahl oder gar alle Elektronen den gleichen Spin haben. Diese äußeren Elektronen der Atome sind sehr wichtig, denn sie sind es, die für eine chemische Bindung zur Verfügung stehen. Mit Ausnahme von Wasserstoff und Helium besitzen alle Atome auch innere Elektronen, die aber für chemische Reaktionen keine Bedeutung haben.

Für ein Molekül wie dem des Wassers mit seinen drei Atomen trifft im Prinzip das gleiche zu, es ist nur noch etwas komplizierter. Denn hier handelt es sich nicht einfach um die Addition einzelner Atome, sondern um eine chemische Verbindung aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. Das bedeutet, dass sich die äußeren, bindungsfähigen Elektronen dieser drei Atome zu einem neuen, größeren Teilchen, dem Wassermolekül, verbunden haben (Abb. 18).

Von den acht dargestellten äußeren Elektronen bewirken je zwei die Bindungen H–O, die anderen vier bleiben als sogenannte einsame Elektronenpaare übrig. In der linken modellhaften Darstellung sind die Elektronen mit ihrem Spin dargestellt, in rechten Modell vereinfacht als Bindungsstriche und Doppelpunkte für die freien Elek-

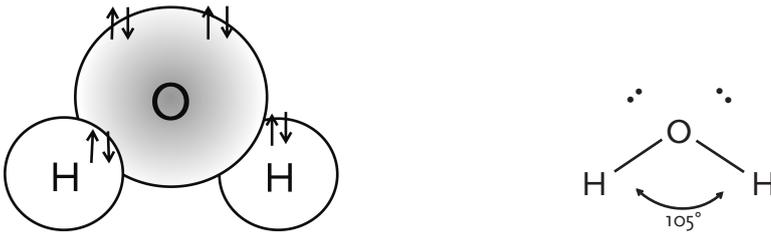


Abb. 18 Zwei Modelle für die Struktur eines Wassermoleküls

tronenpaare. In den meisten Fällen genügt bei der Darstellung von Molekülen diese vereinfachte Form.

Modelle in der Naturwissenschaft

Die durch Beobachtung und Experiment gefundenen Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen sind häufig wenig anschaulich. Es ist aber eine Vorliebe von uns Menschen zu versuchen, unsichtbare Dinge bildlich darzustellen. So geht es uns auch mit Atomen und Molekülen, deren Kleinheit uns eigentlich unvorstellbar ist. Also vergrößern und verzerren wir den Maßstab und stellen physikalische Ereignisse und Ergebnisse bildlich vereinfacht in einem Modell dar.

In unserem Fall geschieht dies hier mit dem Wassermolekül und den Atomen von Sauerstoff und Wasserstoff, aus denen sich Wasser zusammensetzt. So wie eine Modelleisenbahn oder ein Gemälde aber nicht die Realität widerspiegeln, stellen solche wissenschaftlichen Modelle nicht die Wirklichkeit dar, sie veranschaulichen lediglich abstrakte Befunde. Je nachdem, welcher Befund besonders dargestellt werden soll, gibt es sogar mehrere Modelle, die sich ergänzen können.

Vor allem zwei Befunde sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Eigenschaften von Wasser, im rechten Modell gut zu erkennen: Die gewinkelte Struktur des Moleküls und die beiden freien Elektronenpaare, die den H-Atomen entgegengesetzt am Sauerstoff sitzen. Aus dieser Struktur ergeben sich zahlreiche Eigenschaften des Wassers, die im Vergleich zu ähnlich gebauten Molekülen manche Besonderheiten aufweisen.

Hier sind einige Beobachtungen aus dem Alltag:

- Warum kann man Schlittschuh laufen, während unter dem Eis noch Wasser ist?
- Wie kann das weiche Wasser hartes Gestein zerkleinern?
- Warum kann ein Insekt wie der Wasserläufer auf Wasser laufen?

Diese und manche weiteren Fragen können mit einigen speziellen Eigenschaften des Wassers erklärt werden. Zugegeben, das Folgende ist für manchen eine schwierige Kost, aber das Verstehen der Begriffe fördert das ganze Verständnis für die Eigenarten des Wassers. Die Mühe lohnt sich also.

Elektronegativität und Polarisation

Wie schon dargestellt, haben alle Atome Elektronen, die sie in einer Hülle umgeben. Verbinden sich nun z.B. zwei Wasserstoffatome H zu einem Wasserstoffmolekül H-H, bilden zwei Elektronen eine Bindung zwischen den Atomen aus. Dabei ist das gemeinsame Elektronenpaar (:) gleichmäßig zwischen den Atomen verteilt (Abb. 19, links). In gleicher Weise wird die Bindung zwischen einem Wasserstoff- (H) und einem Sauerstoffatom (O) gebildet. Nun hat aber das Sauerstoffatom eine stärkere Kraft, das gemeinsame Elektronenpaar an sich zu ziehen. In der Wissenschaft bezeichnet man diese Fähigkeit eines Atoms, Elektronen an sich zu binden, als *Elektronegativität*. Das Sauerstoffatom hat also eine größere Elektronegativität als das Wasserstoffatom. Die Folge ist eine Verschiebung der elektrischen Ladung (δ) und damit eine *Polarisation* zwischen den Atomen (Abb. 19, rechts): Während beim Wasserstoffmolekül H-H die Ladungen auf den Atomen ausgeglichen sind (δ_0), liegt bei der Bindung H-O eine etwas kleinere elektrische Ladung auf dem Wasserstoffatom (δ_+), eine größere elektrische Ladung auf dem Sauerstoff (δ_-). Nach außen bleibt die elektrische Ladung mit ± 0 neutral.



Abb. 19 Verschiebung des gemeinsamen Elektronenpaares einer Bindung durch unterschiedliche Anziehungskraft von Atomen auf die Elektronen (Elektronegativität); δ über den Atomen bedeutet Teilladung

Im Wasser haben wir sogar zwei H-O-Bindungen. Hier wirkt sich die Polarisation ebenfalls aus, verstärkt sich im Molekül aber noch. Das bedeutet, dass aus beiden HO-Bindungen die Elektronen zum Sauerstoffatom gezogen werden, es erhält eine noch höhere elektrische Ladung (Abb. 20). Es entsteht ein Gebilde, das einem Magnet

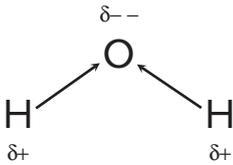


Abb. 20 Die Polarisation der Elektronenbindungen im Wassermolekül

mit Nord- und Südpol ähnlich ist und daher auch Dipol genannt wird. Die Stärke dieses Dipols wird elektrisches Dipolmoment genannt, weil es durch die elektrischen Ladungen verursacht wird. Wasser hat im Vergleich zu ähnlichen Substanzen ein hohes Dipolmoment.

Das entscheidende Ergebnis ist: Die Polarisation im Wassermolekül, d. h. die Verschiebung der elektrischen Ladungen von den beiden Wasserstoffatomen zum Sauerstoffatom verursacht ein elektrisches Dipolmoment, gleichbedeutend mit einer magnetähnlichen Eigenschaft. Diese Polarisation und das sich daraus ergebende Dipolmoment sind die Ursachen für eine Vielzahl der eigenartigen Eigenschaften des Wassers.

Brücken zwischen den Wassermolekülen

Die beschriebene Polarisation des Wassermoleküls bleibt nicht auf ein einzelnes Molekül beschränkt. Die elektrischen Teilladungen $\delta+$ und $\delta-$ wirken auch auf die Nachbarmoleküle, die unterschiedlichen Teilladungen ziehen sich gegenseitig an. So kommt es schließlich dazu, dass ein Wasserstoffatom zusätzlich durch ein Sauerstoffatom eines benachbarten Moleküls angezogen wird und eine schwache Bindung ausbildet (Abb. 21, gestrichelte Linie). Diese Konstellation eines Wasserstoffatoms zwischen je einem fest gebundenen und einem locker gebundenen Sauerstoffatom nennt man eine Wasserstoffbrücke. Die Bindungsform zieht sich durch das gesamte Wasservolumen und bestimmt viele sonderbare Eigenschaften des Wassers, sogenannte Anomalien.

Wassercluster

Das Wort Cluster kommt aus dem Englischen und bedeutet »Anhäufung, Zusammenballung«. In dieser Bedeutung wird es z. B. für Sternhaufen (engl. star cluster) verwendet. Veranschaulichen

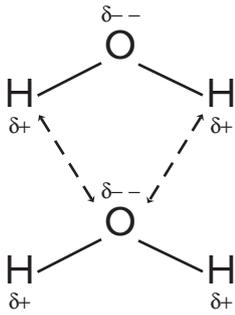


Abb. 21 Die Bildung von Wasserstoffbrücken zwischen zwei Wassermolekülen

kann man sich diesen Begriff mit dem Geschehen auf einem Fußballplatz (Abb. 22). Zu Beginn des Spieles gibt es die Anfangsaufstellung der Spieler **I** und **▲**, also je ein Cluster A und B auf den beiden Platzseiten, mit dem Ball (**●**) in der Mitte. Während des Spieles bilden sich an den Stellen, an denen sich gerade der Ball befindet, vorübergehend kleine Spielergruppen. Diese Cluster aus Spielern um den Fußball bilden sich ständig neu und lösen sich wieder auf (Abb. 22, z. B. Cluster C und D).

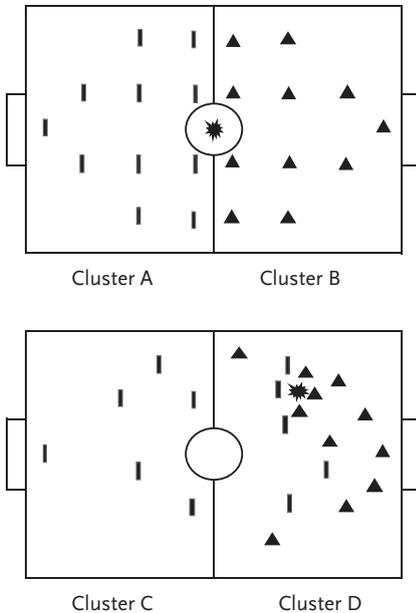


Abb. 22 Beispiel für sich verändernde Cluster: Fußballspieler in Aktion

In ähnlicher Weise ist ein Wassercluster als lose Zusammenballung von Wassermolekülen zu verstehen. Sie ist bedingt durch die Polarisierung innerhalb der Moleküle und die Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen. Abb. 23 zeigt das Modell solch eines momentanen Clusters. Da die Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen sehr schwach sind, brechen sie immer wieder auf und bilden sich mit anderen Molekülen neu. Die Zeit für dieses »Bäumchen-wechseldich-Spiel« beträgt nach Labormessungen nur den unvorstellbar winzigen Bruchteil einer Sekunde, genauer 50 Femtosekunden (50 Billionstel = 0,000 000 000 000 050 Sekunden). [1] Es ist deshalb noch nicht sicher, ob man in normalem, flüssigem Wasser überhaupt von einer mittleren Clustergröße mit x Molekülen sprechen kann.

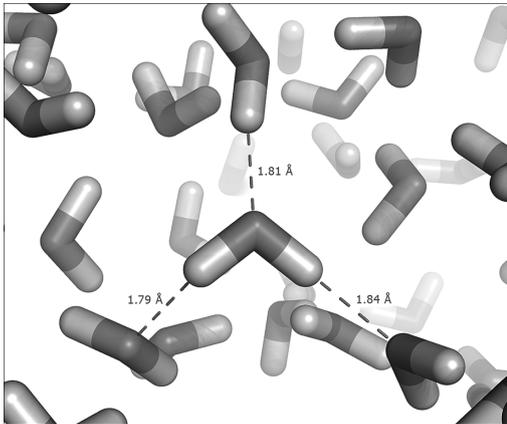


Abb. 23 Cluster aus Wassermolekülen

Wir werden wieder auf diese Cluster im Wasser stoßen, wenn das »Gedächtnis« des Wassers behandelt wird. Auf eine falsche Interpretation der Cluster soll aber jetzt schon hingewiesen werden, am besten am Beispiel eines Werbetextes:

»Das Wassermolekül ist ein Dipol. H_2O – an das Sauerstoffatom sind die beiden Wasserstoffatome in einem Winkel von ca. 110° angebonden. Durch die Polarität der elektrischen Ladung des Basismoleküls (O^+ und $2H^-$) wird die Bildung einer Struktur – eines Flüssigkristalls – zu Großmolekülen ermöglicht. Lebendiges Wasser hat also eine Kristallstruktur!« [2]

Abgesehen von den falschen Angaben zum Bindungswinkel und zur Polarität des Wassermoleküls: Aus den Wasserclustern werden

jetzt plötzlich Flüssigkristalle, das flüssige Wasser erhält sogar eine Kristallstruktur! Auf ähnliche Behauptungen und Verdrehung wissenschaftlicher Ergebnisse werden wir noch häufiger stoßen. Sie werden schließlich zu einem der Erkennungsmerkmale für pseudowissenschaftliche Wasserbetrachtungen werden.

Wie unterscheiden sich Wassercluster und Flüssigkristalle?

Bis jetzt kennt man als Flüssigkristalle ausschließlich »organische« chemische Verbindungen, d. h. Stoffe, deren Moleküle ein Kohlenstoffgerüst besitzen. Sie weisen eine besondere Molekülstruktur auf, die sie befähigt, eine Art »dickflüssigen« Zwischenzustand einzunehmen. Wenn man diese speziellen Substanzen über ihren Schmelzpunkt hinaus erhitzt, weisen sie Eigenschaften auf, die zwischen denen des flüssigen und des festen Zustandes liegen. Z. B. ist die Beweglichkeit der einzelnen Moleküle wesentlich besser als in Kristallen, die Ordnung der Moleküle untereinander dagegen

schlechter im Vergleich zu den Kristallen. Die wohl wichtigste Anwendung der Flüssigkristalle ist die in Anzeigefeldern elektronischer Geräte (sogenannte LCDs = liquid crystal displays). Dem Wasser fehlt diese Molekülstruktur vollkommen. Die Wassercluster haben zudem einen völlig anderen Zusammenhalt zwischen den Molekülen. Folglich sind Flüssigkristalle oder gar eine Kristallstruktur bei normalem Wasser noch in keinem wissenschaftlichen Labor beobachtet worden. Behauptungen darüber sind reine Spekulation.

Am Beispiel der Wassercluster kann man den Unterschied zwischen den beiden Betrachtungsweisen in der Wissenschaft und der Pseudowissenschaft erläutern. Die Pseudowissenschaft geht davon aus, dass Haushaltsgeräte, die auf dem Markt dafür angeboten werden, solche kleineren Cluster erzeugen. Ein Nachweis dafür wird in keinem Fall angegeben. In der Naturwissenschaft dagegen sind Physiker und Chemiker schon seit einiger Zeit dabei, das Entstehen und die Eigenschaften solcher Cluster eingehender zu untersuchen. Viele Nachweise wurden dafür bereits durch Experimente und Berechnungen erbracht. Allerdings geht auch hier die Forschung weiter und man darf noch manche überraschende Entdeckung bei den Wasserclustern erwarten.

Die Anomalien des Wassers

Im Vergleich zu anderen Stoffen hat das Wasser manche ungewöhnlichen, ja unerwarteten Eigenschaften. Unerwartet (anomal)

werden sie deshalb genannt, weil sich Verbindungen, die dem Wasser ähnlich sind, oft ganz anders verhalten.

Zum Beispiel wird durch die Wasserstoffbrückenbildung die gegenseitige Anziehung der Moleküle verstärkt. Dies erschwert das Verdampfen der Flüssigkeit, der Siedepunkt des Wassers ist dadurch wesentlich (anomal) höher als bei vergleichbaren Stoffen. Auf den starken Zusammenhalt der Wassermoleküle ist auch eine weitere Eigenart des Wassers zurückzuführen, nämlich seine Oberflächenspannung. Sie ist im Verhältnis zu anderen Flüssigkeiten sehr hoch, wie die Beispiele in der Tabelle 3 zeigen.

Tab. 3 Werte für die Oberflächenspannung einiger Flüssigkeiten (bei 20°C, gemessen in mN/m)

Flüssigkeit	Oberflächenspannung
Ethanol	23
Methanol	23
Aceton	23
Benzol	29
Glycerin	63
Wasser	73
Quecksilber	476

Die Oberflächenspannung führt zur Bildung einer Art gespannten »Haut« auf der Oberfläche. Das Wasser ist daher bestrebt, eine möglichst kleine Oberfläche auszubilden, und das ist im Idealfall die Kugelform. Dies erklärt die bekannte Tendenz des Wassers, Tropfen zu bilden.

Die Oberflächenspannung ermöglicht es, dass der Wasserläufer auf einer Teichoberfläche laufen kann oder ein großer Tropfen Wasser auf einer Blattoberfläche zusammenhält (Abb. 24 und 25). Würde man ein paar Tropfen eines Tensids zu diesem Wasser geben, würde die Oberflächenspannung stark absinken. Die Folge wäre, dass sowohl das Insekt untergehen wie der Tropfen zerfließen würden. Beim Geschirrspülen hingegen ist dieser Effekt erwünscht, weil er die Tropfenbildung erschwert und damit ein besseres Abfließen des Spülwassers nach dem letzten Spülgang bewirkt.

Ebenso bekannt und wichtig ist die Anomalie der Wasserdichte. Da sie enorme Auswirkungen auf das gesamte Leben auf der Welt hat,

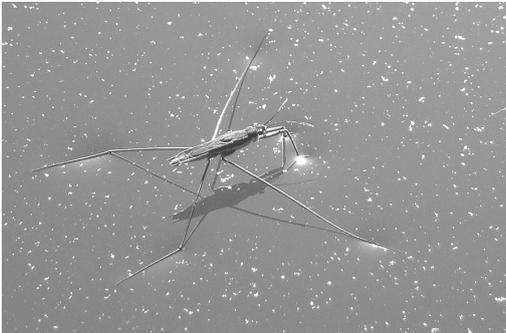
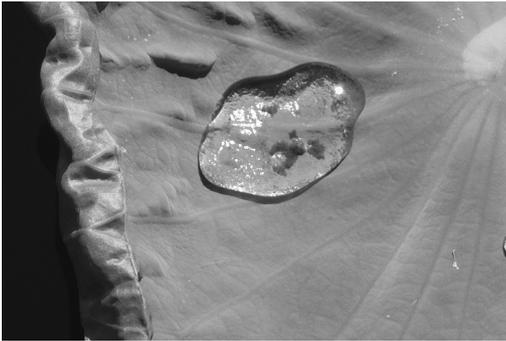


Abb. 24 und Abb. 25 Auswirkungen der hohen Oberflächenspannung des Wassers: Ein großer Wassertropfen hält auf einem Lotusblatt zusammen und ein Wasserläufer bewegt sich problemlos auf der Wasseroberfläche.

sehen wir uns diese etwas näher an. Kühlt man eine »normale« Flüssigkeit ab, zieht sie sich zusammen, sie wird schwerer, ihre Dichte wird höher. Am Gefrierpunkt ist die Dichte am größten. Beim Wasser ist dies anders (wiederum anomal): Hier erreicht die Dichte bei 4°C ihren größten Wert und wird dann bis zum Gefrierpunkt bei 0°C wieder geringer (Abb. 26). Das kältere Wasser wird dadurch leichter und steigt nach oben.

Die Auswirkungen sind bedeutsam: Bei weiterer Abkühlung gefriert das Wasser an der Oberfläche, weil es dort zuerst die 0°C -Grenze unterschreitet. Ein stehendes Gewässer friert daher von der Oberfläche her zu. Anders ausgedrückt: Das 4°C kalte, schwerere Wasser liegt am Grund, während sich das 0°C kalte Wasser an der Oberfläche befindet und das Eis bildet.

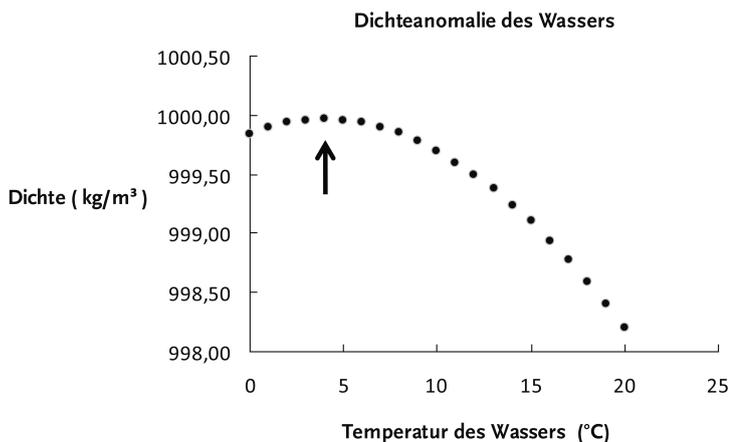


Abb. 26 Die Änderung der Dichte des Wassers mit der Temperatur. Der Pfeil deutet auf das Maximum der Dichte bei 4 °C hin.

Durch das relativ hohe Isolationsvermögen des gebildeten Eises wird in der Natur zusätzlich noch das darunter liegende Gewässer vor weiterer Abkühlung geschützt. Die eingeschlossenen Lebewesen haben damit eine höhere Chance, den Winter zu überleben. Zugleich ermöglicht es den Schlittschuhläufern, ihren Sport auf dem Eis zu treiben.

Eine weitere wichtige Eigenschaft des Wassers ist beim Gefrieren zu beobachten. Dabei tritt eine Volumenvergrößerung ein, verursacht durch die Bildung besonderer Kristalle. Beim Kristallaufbau des Eises bilden sich nämlich zahlreiche Hohlräume, die eine Volumenvergrößerung um ca. 9% im Vergleich zum Wasser zur Folge haben. Die Ausdehnung des Eises nimmt mit tieferer Temperatur noch zu und kann schließlich dazu führen, dass ein Stück eines Gesteins abgesprengt wird. Man spricht dabei von Frostverwitterung, wie im Kapitel »Wasser in der Natur« bereits beschrieben.

Zum Schluss etwas Küchenphysik oder: Mit Wasser kochen

Nach all der Theorie noch etwas Praktisches für Hobbyköche. Eine häufige Empfehlung beim Kochen von Nudeln, Eiern oder Gemüse lautet, eine Prise Kochsalz zum Kochwasser zu geben. Zu diesem

Küchenmythos gibt es zwei Meinungen: Einmal soll das Salz den Siedepunkt des Wassers erhöhen und damit den Kochvorgang verkürzen. Zum anderen soll (bei Nudeln, Gemüse) der Geschmack gefördert werden.

Der erste Punkt ist physikalischer Art und die Frage lautet: Stimmt das? Die Antwort lautet: Jein! Das zugefügte Salz erhöht tatsächlich den Siedepunkt des Wassers. Aber mit einer Prise Salz ist praktisch nichts erreicht, Man müsste 58 g Kochsalz (= 3 volle Esslöffel, wissenschaftlich: 1 Mol NaCl) pro Liter Wasser zugeben, um eine Erhöhung des Siedepunkts um nur 0,5 °C zu erreichen. Diese geringe Temperaturerhöhung wird aber keine erkennbare Verkürzung der Kochzeit bewirken. Man kann jedoch einen anderen physikalischen Trick anwenden und zum Schnellkochtopf greifen. In ihm wird durch die Druckerhöhung um ca. 1 Bar eine Erhöhung der Siedetemperatur auf etwa 120 °C erreicht. Diese beschleunigt die chemischen Vorgänge beim Kochen dann doch erheblich. Salz wird danach nur noch zum Würzen gebraucht.

Wie man sieht, bietet das Wasser zahlreiche Überraschungen, und die Wissenschaftler sind noch lange nicht am Ende mit ihren Untersuchungen. Übersichten über die Eigenschaften und die Rolle des Wassers sind in der umfangreichen Literatur zu finden.

Anmerkungen

- 1 Cowan, M. L., Bruner, B. D., Huse, N., Dwyer, J. R., Chugh, B., Nibbering, E. B. J., Elsaesser, T., Miller, R. J. D. (2005) Ultrafast memory loss and energy distribution in the hydrogen bond of liquid H₂O. *Nature* **434**, 199-202
- 2 <http://www.supervita.at/Lebendiges-Wasser/ein-ganz-besonderes-element.htm> (11 Juni 2010)

Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten

Um die weiteren Darstellungen in diesem Buch besser verstehen zu können, scheint es sinnvoll, an dieser Stelle auf die Grundlagen einzugehen, auf denen dies alles entstand. Es soll deshalb gleich zu Anfang klar gesagt werden: Diesem Buch liegt das im heutigen naturwissenschaftlichen Arbeiten übliche Denken und Handeln zugrunde. Diese Arbeitsweise ist nicht unumstritten und nur ein Weg zu neuen Erkenntnissen. Sie hat aber seit Jahrhunderten die Naturwissenschaften geprägt. In dieser Zeit wurden große wissenschaftliche und technische Entwicklungen hervorgebracht, die wiederum die gesellschaftliche Entwicklung weltweit prägten. Daher sollen zunächst einige Kriterien des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens herausgearbeitet werden.

Die Arbeitsweise der Naturwissenschaften

Die Entwicklung der Wissenschaften

Der Anfang der Naturwissenschaften verliert sich im Dunkel der Jahrtausende. Aber bereits zu Beginn der europäischen Antike, ca. 1000 Jahre v. Chr., waren eine Zahl grundlegender Entdeckungen und Entwicklungen gemacht worden: Die Beherrschung des Feuers, die Erfindung des Rades, die Gewinnung und Bearbeitung von Metallen, Kenntnisse in der Astronomie, die Einbalsamierung von Toten oder die Herstellung von Wein seien hier als Beispiele genannt. Bei diesen Erkenntnissen wird man kaum schon von Wissenschaft im heutigen Sinn sprechen können, aber bereits hier war die Beobachtung der Natur und die Anwendung der gefundenen Regeln eine wesentliche Grundlage.

In der Antike selbst gab es dann vor allem im östlichen Mittelmeerraum und in Asien eine enorme Entwicklung von Mathematik, Physik (vor allem der Mechanik) und Astronomie. Die gezielte Anwendung der neuen Kenntnisse brachte erstaunliche technische Entwicklungen hervor (Abb. 27).

Archimedes

Er war nur einer der zahlreichen Mathematiker und Erfinder in der Antike, aber wohl der genialste und vielseitigste. Seinem Wirken verdanken wir u. a. Kenntnisse über den Hebel und die Schraubenpumpe und

nicht zuletzt sein berühmtes »Heureka« (ich hab's!), das er der Sage nach ausrief, nachdem er das »Archimedische Prinzip« (das hydrostatische Gesetz) entdeckt hatte.

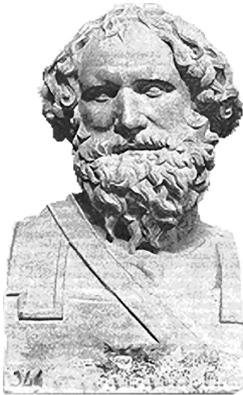


Abb. 27 Archimedes, Mathematiker und Erfinder (287–212 v.Chr.).

Vom späten Mittelalter an gab es dann vorwiegend in Europa einen neuen Schub wissenschaftlicher Erkenntnisse. Als Christoph Kolumbus 1492 mit seinen Schiffen von den Kanarischen Inseln nach Westen aufbrach, wussten er und die damaligen Gelehrten längst, dass die Erde rund ist und keine Scheibe. In dieser Zeitepoche traten in Europa auch vermehrt die Alchemisten auf den Plan, vorwiegend mit dem Ziel, Gold herzustellen oder den Stein der Weisen zu finden.

Wesentliche Grundlagen der heutigen Naturwissenschaften wurden ab dem 16. Jahrhundert praktisch und theoretisch entwickelt. Darüber hinaus ermöglichte die neue Art des Buchdrucks mit beweglichen Lettern (Johannes Gutenberg, ab 1450), die neuen Erkenntnisse besser zu verbreiten und ein »Netzwerk« dieses zunehmenden Wissens unter den Gelehrten zu bilden.

Die vorerst letzte Ära der Umwälzungen kam im 19. Jahrhundert mit der Erkenntnis des atomaren Aufbaus der Materie. Sie hat alle Bereiche der Naturwissenschaften, allen voran die zentralen Teile Physik, Chemie und Biologie, total verändert und völlig neue Möglichkeiten zur Erforschung und Beschreibung unserer Welt gebracht. Aber auch seit dieser Epoche haben sich die Naturwissenschaften bis auf den heutigen Tag ständig weiterentwickelt. Da neue Erkenntnisse auch in Zukunft gewonnen werden, gibt es folglich keine endgültigen wissenschaftlichen Kenntnisse, sondern immer nur einen »neuesten Stand der Wissenschaft«. Wissenschaft ist im ständigen Wandel, das Wissen damit aus Prinzip lückenhaft.

Wahrheit oder Irrtum? Der wissenschaftliche Streit über Ideen

Geht man auf diesen letzten Punkt genauer ein, bedeutet er: Vor dem »neuesten« Wissensstand gab es einen, der jetzt als unvollständig, überholt oder gar falsch gilt. Wir kommen damit zu einem wichtigen Aspekt, nämlich zum Umgang mit »alten« und »neuen« Erkenntnissen oder zur Streitkultur in den Naturwissenschaften. Er ist auch für die Diskussion über das Wasser in diesem Buch von Bedeutung.

»Es irrt der Mensch, solange' er strebt«, schrieb schon Goethe in »Faust«. Die lange Geschichte der Naturwissenschaften bestätigt dies, denn sie verlief keineswegs geradlinig auf neue gesicherte Erkenntnisse zu. Eine große Zahl, um nicht pauschal zu sagen fast alle neuen Theorien stießen zunächst auf Widerspruch, sei es von Fachkollegen oder religiösen Autoritäten. Man kennt viele Streitfälle und heute als falsch erkannte frühere Behauptungen und Theorien. Nur einige bekanntere Fälle werden hier beispielhaft genannt:

- Ist die Gestalt der Erde eine Scheibe oder eine Kugel?
- Steht die Erde im Mittelpunkt des Universums (geozentrisches Weltbild) oder die Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems (heliozentrisches Weltbild)?
- Der Versuch der Alchemisten: Kann Gold aus anderen Materialien über chemische Reaktionen hergestellt werden?
- In der Quantentheorie: Ist Licht als Welle (kontinuierlich) oder als Teilchen (Energiequant) darzustellen (Welle-Teilchen-Dualismus)?

- Welche Evolutionstheorie trifft zu: der Darwinismus, die genetische Evolutionstheorie oder der auf der Bibel basierende Kreationismus?
- Gibt es einen Klimawandel in unserer Zeit? Wenn ja, wird er vom Menschen verursacht?

Um zu zeigen, wie alt die Tradition des wissenschaftlichen Streites um Ideen schon ist, greifen wir als Beispiel die Frage des geozentrischen bzw. heliozentrischen Weltbildes auf:

Aristarchos von Samos (ca. 310–230 v. Chr.) und Seleukos von Seleukia (geb. ca. 190 v. Chr.) vertraten bereits vor über zwei Jahrtausenden das heliozentrische Weltbild, bei dem die Sonne im Mittelpunkt des Weltalls stand. Hipparchos von Nicäa (ca. 190–120 v. Chr.) trat dagegen für das geozentrische Weltbild ein, das die Erde als Mittelpunkt des Weltalls sah. Ptolemäus (ca. 100–175 n. Chr.) verfeinerte dieses Modell aufgrund eigener Beobachtungen. Es wurde seither nach ihm benannt. Erst etwa 1300 Jahre später nahm Nikolaus Kopernikus auf der Grundlage neuer Beobachtungen das heliozentrische Weltbild wieder auf. Mithilfe weiterer Untersuchungen durch Johannes Kepler und Galileo Galilei konnte es sich schließlich durchsetzen und gilt bis heute.

An diesem Beispiel sieht man:

- Beobachtungen waren die Grundlage für theoretische Überlegungen und die Entwicklung eines Modells (Visualisierung).
- Verschiedene Beobachter des gleichen Objekts (hier der Umlaufbahnen von Planeten und Sternen) kommen nicht notwendigerweise zur gleichen Deutung des Gesehenen.
- Der Streit über die gegensätzlichen Modelle (geozentrisch–heliozentrisch) wurde durch zusätzliche Beobachtungen entschieden.
- Der »Stand des Wissens« über das Weltbild änderte sich über lange Zeiträume.
- Neue Daten können neue Theorien und Denkmodelle erforderlich machen.

Wissenschaftlicher Streit ist also notwendig und sogar normal, um neue Daten zu erhalten und neue Theorien und Modelle zu entwi-

ckeln. Zweifel an bestehenden Vorstellungen und neue Fragen gehören sozusagen zur Arbeitsgrundlage eines seriösen Wissenschaftlers. Dass dies gelegentlich Ärger mit Fachkollegen, Religionen und Politik bringen kann, ist zu erwarten.

Der Weg zum Beweis

Eine neue Idee in der Naturwissenschaft beginnt in der Regel mit einer Vermutung oder einer Entdeckung. Um diesen neuen Sachverhalt zu prüfen, ist es nötig, diese Idee als richtig zu beweisen oder zu widerlegen. In der Naturwissenschaft spricht man von einer Verifizierung (Bestätigung) und einer Falsifizierung (Widerlegung). Dazu wird eine Behauptung (Hypothese) aufgestellt und eine Untersuchung geplant, die die erforderlichen Daten für eine Bewertung liefern kann.

Dieser Weg ist nicht immer geradlinig und auf Anhieb erfolgreich. Aber das ist die Entwicklung der Naturwissenschaften sowieso nie gewesen. Eine Idee muss also nicht sofort akzeptiert werden, sondern im Lauf der Überprüfung im Kreis der Experten Akzeptanz gewinnen. Schematisch dargestellt verläuft der Weg von einer ersten Vermutung bis zu einem wissenschaftlich gesicherten Beweis über mehrere Stufen:

Vermutung → Behauptung → Experiment → Ergebnis →
Überprüfung → Beweis

Dabei kann auf jeder Stufe ein Irrtum erkannt werden, ein stichhaltiger Beweis aber erst am Ende dieser Entwicklung stehen. Keine Hypothese, nicht einmal ein erstes experimentelles Ergebnis gilt daher bereits als »wissenschaftlich gesichert«. Auf dieses Missverständnis stoßen wir bei angeblich besonderen Eigenschaften des Wassers im Folgenden immer wieder.

Dabei können Irrtümer durchaus lehrreich sein, denn sie sind Teil der wissenschaftlichen Entwicklung. Als hervorragendes Beispiel kann der Versuch der Alchemisten gelten, aus verschiedensten Stoffen Gold zu machen. Die echten Alchemisten (nicht die Betrüger, die es auch schon damals gab) waren fest davon überzeugt, dass dies möglich sei. Aus unserer heutigen Sicht wissen wir, dass Gold nicht durch eine chemische Reaktion aus anderen chemischen Elementen

hergestellt werden kann. Trotz dieses Irrwegs und vieler weiterer wurde mit dem Forschen der Alchemisten der Grundstein für unsere heutige Chemie gelegt.

Zum Thema wissenschaftlicher Irrtum abschließend noch ein Zitat: »Nur die Naturwissenschaft folgt dem einzigen Erkenntnisinstrument des Menschen, der Ratio. Sie beschreibt die Welt auf nachprüfbarer Weise. Und sie ist souverän genug, die Grenzen ihrer Erkenntnis gleich mitzuthematisieren«. [1]

Heutige Kriterien und Regeln für naturwissenschaftliches Arbeiten

Als Folge der mehr als zwei Jahrtausende währenden Entwicklung der Naturwissenschaften haben sich Konzepte entwickelt, die im Wesentlichen auch heute noch gelten. Insbesondere sind hier zu nennen:

- genaue Beobachtung in der Natur oder in Experimenten,
- Erzeugung von Messdaten,
- Wiederholung der Beobachtungen unter wechselnden Bedingungen,
- Blindversuche, Doppelblindversuche,
- Reproduzierbarkeit der Ergebnisse,
- Verwendung statistischer Prüfungen,
- Überprüfbarkeit der Ergebnisse,
- Klare Definition von Stoffen, Eigenschaften und Ereignissen,
- Ergründung von Ursache und Wirkung,
- Ableitung von Theorien aus Experimenten und umgekehrt,
- Entwicklung von Modellen, die die Daten zusammenhängend erklären,
- öffentliche Darstellung und Diskussion von Messungen und Theorien,
- Überprüfung von Theorien oder Modellen aufgrund neuerer Erkenntnisse.

Diese Konzepte sind der Maßstab, an dem seriöse Forschungsprojekte ausgerichtet werden. Ergebnisse, die darauf beruhen, sind schon in Millionen von Publikationen der Öffentlichkeit vorgelegt worden. Sie können überprüft und als Grundlage für weitere Studien verwendet werden. Diese Kriterien waren das solide Fundament der rasanten Entwicklung, die Wissenschaft und Technik in den letzten Jahrhunderten erfahren haben, und sie sind es noch immer. Als Beispiele seien hier genannt: Die Entwicklung der Kunststoffe vom Kautschuk zum Carbonkunststoff, die Rolle von Vitaminen und Hormonen im menschlichen Körper und die Entwicklung der Elektronikgeräte.

Der Faktor Mensch

Wissenschaft mit Variationen

Im Rahmen dieses wissenschaftlichen Arbeitens spielt der Mensch – trotz aller Vernunft – eine vielschichtige Rolle. Einige Möglichkeiten zeigen, wie sich das beschriebene rationale Denken und Handeln durch verschiedene Einflüsse bis hin zum Schwindel wandeln kann:

- *Der distanzierte Beobachter:* Dieser Wissenschaftler ist ernsthaft und selbstkritisch auf der Suche nach neuen Erkenntnissen. Rationales Denken und die Anerkennung der Naturgesetze gehören zu seinen Arbeitsgrundlagen.
- *Der zu ehrgeizige Forscher:* Er kennt die Arbeitsregeln, lässt aber für irgendwelche Vorteile eine subjektive Veränderung von Arbeitsergebnissen zu. Dies kann bis zum bewussten Betrug gehen. [2]
- *Der Pseudowissenschaftler:* Er verwendet die Sprache und Ausdrücke der Naturwissenschaft, hält sich aber nicht an deren Arbeitskriterien. Er ist oft nur schwer vom ernsthaften Wissenschaftler zu unterscheiden.
- *Der Esoteriker:* Logik, Naturgesetze und kritische Fragen spielen für diese Person keine ausschlaggebende Rolle. Behauptungen werden aufgestellt oder von anderen übernommen, der Nachweis für die Richtigkeit ist unerheblich.

- *Der Scharlatan*: Er wird als »Schwätzer, Aufschneider, Kurpfuscher« beschrieben. Darüber hinaus steht er meistens in dem Ruf, dass er eine Tätigkeit unsachgemäß ausübt, aber damit Geld verdient.

In einem Buch beschreibt der Physiker Robert Park aufgrund seiner Erfahrung die Varianten der Naturwissenschaften, die nicht zu den etablierten Arten gezählt werden. [3] Er fasst sie unter dem Begriff »Voodoo-Wissenschaften« zusammen:

- *Die pathologische Wissenschaft*: Sie wird von Wissenschaftlern betrieben, die geneigt sind, nur das zu erkennen, was sie sehen wollen. Auf diese Weise machen sie sich selbst zum Narren.
- *Die Humbug-Wissenschaft*: Sie besteht üblicherweise aus verdrehten Theorien über das, was sein könnte, ohne Beweise dafür, dass es so ist. Sie lebt und überlebt dadurch, dass sie Prüfungen durch die wissenschaftliche Welt vermeidet.
- *Die Pseudowissenschaft*: Ihre Theorien werden in die Sprache und Symbole der Naturwissenschaften gekleidet, ohne allerdings deren Regeln zu folgen.
- *Die betrügerische Wissenschaft*: Sie dient dazu, insbesondere Laien unter dem Vorwand wissenschaftlicher Entdeckungen gezielt zu betrügen. Dies ist deshalb immer wieder möglich, weil die Regeln des wissenschaftlichen Denkens und Handelns oft nicht bekannt oder zu kompliziert sind.

Diese Varianten der Wissenschaft sind – wie etwa auch der Aberglaube – in unserer heutigen Welt noch stark verbreitet.

Sinnestäuschung

Psychische Faktoren: »... ein Anderer muss ablesen ...«

Es war in meinem ersten Studiensemester, als wir zum ersten Mal die Praktikumsräume der Physik betraten. Der Professor erläuterte u. a. ein extrem empfindliches Messgerät mit einer ca. 3 m langen Skala entlang einer Wand. Dazu bemerkte er zu unserem Erstaunen: »Wenn es um entscheidende Messungen geht, lasse ich jemand anderen ablesen«.

Neben der bewussten Manipulation von Ergebnissen gibt es noch ein weiteres Problem: Der Mensch als »Messinstrument«. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, wie sehr der Mensch durch seine fünf Sinne getäuscht werden kann, keiner der Sinne ist wirklich zuverlässig. [4] Leider kann diese Erscheinung leicht missbraucht werden, Unkundige hereinzulegen. In Kapitel »Daten, Tests, Beweise?« wird z. B. beschrieben, wie ein »besseres« (= teures) Wasser vorgegaukelt wird, wenn es kühler ist als warmes Wasser. Bei solchen Angeboten wird häufig sehr suggestiv gefragt: »Dieses Wasser schmeckt Ihnen doch besser, nicht wahr?« Warum es tatsächlich besser schmeckt, nämlich weil es kühler ist, wird dem möglichen Kunden natürlich nicht verraten.

Naturwissenschaftliches Handeln hat mit solchen Manipulationen nichts zu tun und umgekehrt: Wer solche Tricks anwendet, arbeitet nicht wissenschaftlich, sondern hat andere Absichten.

Die Rolle der Intuition

Es gibt die verbreitete Meinung, dass sich rationales, wissenschaftliches Denken und Intuition als Gegensätze gegenseitig ausschließen. Das Gegenteil trifft zu, sie gehören zusammen wie die beiden Seiten einer Münze. Die Intuition kann als der Raum der Fantasie, der Ahnung und der Kreativität betrachtet werden. Man kann sich bewusst, z. B. durch Konzentration, in diesen Raum begeben und sich ungezwungen den Gedankenspielen und freien Assoziationen hingeben. Wer aus diesem kreativen Raum zurückkehrt und die Gedankenketten in die reale Welt umsetzt, handelt durchaus wissenschaftlich, wenn er danach auch die wissenschaftlichen Arbeitskriterien wieder berücksichtigt.

Wer nur in diesem intuitiven Raum lebt, ohne den Bezug zur rationalen Welt, wird kaum den Weg zur Naturwissenschaft finden. Andererseits gilt sicherlich, was der Physiker Albert Einstein sagte: »Durch logisches Denken allein erlangen wir keinerlei Wissen über die Welt.« Ohne die Intuition von Pablo Picasso, Louis Armstrong oder Thomas Mann wäre die Welt ärmer.

Eine andere Sichtweise

Verlassen wir hier für kurze Zeit das Gebiet der Naturwissenschaften und wenden uns dem alltäglichen Leben zu. Hier werden häufig andere Kriterien an das Wissen und die Erkenntnisse über die Natur zugrunde gelegt, die der Pseudowissenschaft. Darunter versteht man Glaubensgebäude und Denkweisen, die sich deutlich von denen der Naturwissenschaftler unterscheiden. Sie sind vor allem durch folgende Kriterien geprägt und dadurch zu erkennen:

- Es werden Behauptungen aufgestellt ohne Beweise zu liefern, es gilt glauben statt wissen.
- Wirkungen werden behauptet oder vermutet, ohne den Nachweis dafür zu liefern.
- Wissenschaftliche Begriffe werden ohne Verständnis ihrer Bedeutung verwendet, Definitionen der verwendeten Begriffe fehlen oder sind nebulös, es wird zum Teil wissenschaftlicher Unsinn und verbaler Kauderwelsch geboten.
- Die Anwendung der bekannten Naturgesetze fehlt oder ist fehlerhaft.
- Das Ziel ist Geschäftemacherei, jedoch ohne eine plausible Leistung zu erbringen.

Pseudowissenschaftliche Behauptungen lassen sich häufig daran erkennen, dass sie zwar eine Idee vorstellen, eine Verifizierung (Bestätigung) oder Falsifizierung (Widerlegung) aber nicht möglich ist. Wenn dies dennoch in einzelnen Fällen auf naturwissenschaftlicher Basis versucht worden ist, führte dies praktisch immer zu der Feststellung: »Zumindest in dieser Form ist die Behauptung nicht zu beweisen.«

Das 1 Million Dollar-Angebot

Als Einzelner ist man kaum in der Lage, die beschriebene pseudowissenschaftliche Vorgehensweise zu erkennen und etwas dagegen zu unternehmen. Es haben sich jedoch weltweit Skeptikergruppen etabliert, u. a. mit dem Ziel, solche Behauptungen zu hinterfragen

und in der Praxis zu testen. [5] In Deutschland gehören dazu die »Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften« (GWUP), in Österreich die »Gesellschaft für kritisches Denken« (GWUP Österreich).

Die Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften (GWUP)

Ihre Mitglieder widmen sich dem Themenbereich Parawissenschaften, die am Rand oder sogar außerhalb der anerkannten Wissenschaften liegen. Die Gesellschaft hat die Zielsetzung, »die Wissenschaften und insbesondere ihre Methoden zu verbreiten und verständlich zu machen und sie von Pseudowissenschaft und deren Methoden abzugrenzen ... Untersuchungen zu parawissenschaftlichen

Thesen zu fördern oder selbst durchzuführen und über deren Ergebnisse zu berichten«. [6]

Die Mitglieder nennen sich Skeptiker. Das heißt, sie betrachten ungewöhnliche Behauptungen zwar mit Skepsis, lehnen sie aber nicht vorschnell ab, sondern prüfen sie mit wissenschaftlichen Methoden und den Instrumenten des kritischen Denkens.

Bewerber für einen Test werden hierbei eingeladen, ihre Behauptung vorzubringen und ihre »Fähigkeiten« unter wissenschaftlich kontrollierten Bedingungen vorzuführen. Für den Fall eines gelungenen Beweises hat die GWUP eine Prämie von 10 000 € ausgeschrieben. Der US-amerikanische Wissenschaftler James Randi geht darüber hinaus und macht ein noch lukrativeres Angebot. [7] Er bietet weltweit jeder Person einen Preis von 1 000 000 US-Dollar an, die ein paranormales Verfahren beweisen kann. Voraussetzung dafür ist, dass dieses Verfahren nach wissenschaftlichen Regeln durchgeführt wird und erfolgreich besteht. Trotz zahlreicher Bewerbungen und durchgeführter Tests steht die erstmalige Zuteilung eines der Preise noch aus. Dieses Ergebnis spricht für sich.

Anmerkungen

- 1 Bahnsen, U. (2007) DIE ZEIT, Nr. 28, S. 37
- 2 Zankl, H. (2006) Fälscher, Schwindler, Scharlatane. Betrug in Forschung und Wissenschaft, Verlag Wiley-VCH, Weinheim
- 3 Park, R. L. Fauler Zauber. Betrug und Irrtum in den Wissenschaften, Europa Verlag
- 4 Wolf, R. (1997) Vom Sinn und Unsinn der Sinnestäuschung, Studium Generale-Skript, Universität Würzburg
- 5 [http://de.wikipedia.org/wiki/Committee_for_Skeptical_Inquiry_\(CSI\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Committee_for_Skeptical_Inquiry_(CSI)) (22 September 2010)
- 6 GWUP www.gwup.org (20 September 2010)
- 7 <http://www.randi.org/site/index.php/im-challenge.html> (15 Januar 2009)