

Wasser: Das fremde Element

*Wasser ist farblos, geschmacklos, ein Allerweltstoff und ziemlich langweilig?
Wenn Sie wüssten! von Ulrich Schnabel*

Der Stoff ist brisant. Seinetwegen haben Forscher ihre Karriere, ihren Ruf und ihre Labore aufs Spiel gesetzt. Keine Substanz ist so von Mythen und Halbwahrheiten umstellt, sorgt für so viel Streit – und ist so alltäglich und banal wie: Wasser. Die Rede ist von dem Allerweltselement, das uns überall begegnet, das zwei Drittel der Erdoberfläche bedeckt und 70 Prozent unseres Körpers ausmacht. Kein Leben ohne Wasser, kein Urmythos ohne Ursuppe. In der Genesis schwebt selbstverständlich der Geist Gottes über dem Wasser. Und wer immer im All nach außerirdischen Existenzen sucht, hält Ausschau nach H₂O. Denn Leben, wie wir es kennen, findet stets in Fließgleichgewichten statt: Ich fließe, also bin ich.

Da sollte man annehmen, dieser Universalstoff sei rundum erforscht und entschlüsselt. Wer Marsroboter bauen und Atome spalten kann, wird ja wohl wissen, was Wasser ist! Weit gefehlt. »Von allen bekannten Flüssigkeiten ist Wasser wahrscheinlich die, die am meisten untersucht und am wenigsten verstanden wird«, befand einst der Chemiker Felix Franks. Und der Mann kannte sich aus: Er verfasste ein siebenbändiges Opus magnum über Flüssigkeiten und wurde bis zu seinem Tod 2016 respektvoll »Wasser-Franks« genannt.

Dass selbst im 21. Jahrhundert noch kein umfassendes Verständnis des Wassers existiert, wird selten an die große Glocke gehängt. Tatsächlich aber verblüfft die scheinbar simple Substanz stets von Neuem. Das glauben Sie nicht? Sie halten Wasser für langweilig? Dann testen Sie Ihr Wissen einmal in folgendem Mini-Quiz: Welche dieser drei Aussagen sind falsch?

- A. Wasser besteht aus zwei Flüssigkeiten.
- B. Warmes Wasser wird schneller zu Eis als kaltes.
- C. Wasser hat eine Art Gedächtnis.

Antwort: Definitiv falsch ist keine. Aber zugegeben: Dass Wasser aus zwei Flüssigkeiten besteht, ist eine aktuelle Erkenntnis, die erst seit Kurzem bewiesen ist. Und dass warmes Wasser schneller als kaltes gefrieren kann, verblüffte selbst die Fachwelt. Die These vom »Wassergedächtnis« hingegen ist zumindest umstritten und eines jener Themen, von denen Forscher lieber die Finger lassen. Denn dabei schwingt auch die Hoffnung von Homöopathen mit, endlich die Heilkraft der Verdünnung bestätigt zu bekommen. Was zwangsläufig zu der Grundfrage führt: Wo verläuft in Sachen Wasser die Grenze zwischen Wissenschaft und Esoterik?

Dass Wasser die Forschung so fasziniert, liegt vor allem an seinen Anomalien, jenen Eigenschaften also, die von der physikalisch-chemischen Norm abweichen. Über 70 solcher Besonderheiten zählt die Wissenschaft heute, wobei die bekannteste die sogenannte Dichte-Anomalie ist: Normalerweise ziehen sich Stoffe bei sinkenden Temperaturen zusammen und werden immer dichter. Beim Wasser gilt das nur bis vier Grad Celsius. Fällt die Anzeige auf dem Thermometer weiter, dehnt sich Wasser plötzlich wieder aus; friert es zu Eis, braucht es sogar erheblich mehr Raum, weshalb zugefrorene Wasserleitungen platzen und Eis auf Seen oben schwimmt – was zum Beispiel Wassertieren das

Überleben während harter Winter sichert. Nur der Dichte- Anomalie haben sie es zu verdanken, dass Seen nicht von unten, sondern von oben zufrieren und dass sich an ihrem Grund das dichteste, vier Grad warme Wasser sammelt.

»Wäre Wasser nicht so verrückt, würde Leben nicht existieren«, kommentiert bewundernd der schwedische Wasserforscher Anders Nilsson, dessen Team gerade die zwei Flüssigkeiten nachwies. Zwar stehen mittlerweile viele der Anomalien im Lehrbuch, doch erstaunlicherweise werden auch immer wieder neue entdeckt, mitunter sogar von Laien oder Studenten. Und fast jedes Mal ist die Reaktion der Fachwelt ähnlich: Zuerst schlägt dem Entdecker Unglauben entgegen, dann beginnen die Experten zu staunen, und schließlich sucht man kopfschüttelnd nach einer Erklärung.

Ein Beispiel ist die Beobachtung Erasto Mpembas. Dieser absolvierte in den 1960er Jahren im heutigen Tansania eine Ausbildung als Koch. Eines Tages sollte die Klasse Eiscreme herstellen und dazu eine Pulvermischung mit Wasser anrühren. Dabei fiel Mpemba auf, dass sein Eis im Gefrierschrank schneller fertig wurde, wenn er das Pulver mit warmem statt mit kaltem Wasser anrührte.

Unsinn!, sagten die Lehrer. Später berichtete er dem Physikprofessor Denis Osborne von der Sache, doch der tat sie ebenfalls ab: Aus Gründen der Thermodynamik könne warmes Wasser nicht schneller als kaltes gefrieren. Mpemba ließ nicht locker und überredete den Professor, das Experiment selbst zu wiederholen. Verblüfft stellte Osborne fest, dass unter bestimmten Umständen warmes Wasser tatsächlich schneller zu Eis wird. 1969 veröffentlichten die beiden diesen Befund, der heute als »Mpemba-Effekt« bekannt ist.

Bis heute fehlt eine übereinstimmende Erklärung. Zwar gibt es allerlei Theorien zum Mpemba-Effekt, aber keine Einigkeit in der Fachwelt. Zudem lässt sich das paradoxe Verhalten nur in einem Teil der Versuche reproduzieren. Warum? Das weiß niemand so recht. Und damit ist der Mpemba-Effekt ein typisches Beispiel.

Es zeigt, dass Forschern offenbar bis heute entscheidendes Wissen über das Wasser fehlt. Genauer: über das Geheimnis, das im Sozialverhalten seiner Moleküle steckt. Denn diese können – ähnlich wie Menschen – auf unendlich viele Arten kooperieren und damit eine Vielzahl verblüffender Strukturen und Eigenschaften hervorbringen, die Wasser von jedem anderen Stoff unterscheiden.

Dabei sind die einzelnen Bausteine ergreifend schlicht, zweimal Wasserstoff, einmal Sauerstoff, fertig ist das H₂O-Molekül. Dessen Struktur lässt sich sogar pantomimisch darstellen, wie der Physiker Philip Ball in seiner *Biographie des Wassers* erklärt: »Stellen Sie sich aufrecht hin, und spreizen Sie die Beine auseinander. Drehen Sie sich in der Hüfte um 90 Grad und strecken Sie die Arme aus – schon sind Sie H₂O.« Die Hände entsprechen nun den Wasserstoffatomen, der Bauch ist das Sauerstoffatom.

Und die Füße? Die sind sozusagen der Witz dieses Moleküls. Denn die Bindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff verläuft keineswegs harmonisch. Vielmehr verhält sich das Sauerstoffatom wie ein selbstsüchtiger Liebhaber, der nach dem Sex die Bettdecke an sich reißt. In der Affäre mit dem Wasserstoff zieht es die negativ geladenen »Bindungselektronen« vollständig auf seine Seite.

Die Wasserstoffatome bleiben positiv geladen zurück, aufseiten des Sauerstoffs (also in den »Füßen« des Moleküls) entsteht ein Überschuss negativer Ladung. Durch diese elektrische Asymmetrie aber können die Wassermoleküle auch untereinander anbandeln. Denn die zusätzlichen Elektronen des Sauerstoffs ziehen nun (positive) Wasserstoffatome anderer Moleküle an – es entstehen sogenannte Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen. Auch dieser Mechanismus wurde übrigens 1920 erst-

mals von einem Studenten vorgeschlagen – und traf prompt auf Widerspruch. Chemiker machten sich über die Idee lustig, Wasserstoff würde damit zum »Bigamisten«.

Mit der pantomimischen Anleitung nach Philip Ball lässt sich aber auch das verstehen: Die »Hände« (Wasserstoffatome) verbinden sich nun jeweils mit den »Füßen« (den freien Elektronen) anderer Moleküle. So wird Chemie zum Mannschaftssport. Jedes H₂O-Molekül kann bis zu vier Nachbarn binden; zusätzlich können sich die Moleküle noch verbiegen und drehen, Nachbarn können ungebunden in die Zwischenräume springen, sie können gemeinsam Gruppen bilden, die sich zu größeren Strukturen zusammenschließen, die fluktuieren ...

Bei Temperaturen oberhalb von 100 Grad Celsius spielt all das keine Rolle, weil die einzelnen Moleküle dann als Wasserdampf unabhängig voneinander umhertanzen. Sinkt aber die Temperatur und die Moleküle rücken zusammen, macht sich ihr vielseitiger sozialer Charakter immer stärker bemerkbar. Die abnormen Eigenschaften des Wassers treten daher besonders in der kalten Jahreszeit zutage, wenn es vom flüssigen zum festen Zustand übergeht.

Entgegen landläufiger Meinung friert Wasser etwa längst nicht immer bei null Grad. Setzt man Wasser unter starken Druck und zwingt damit die Moleküle zum Zusammenrücken, kann man selbst bei 100 Grad Celsius »heißes Eis« erzeugen (das sofort schmilzt, wenn der Druck nachlässt). Insgesamt sind heute 17 verschiedene Eis-Formen bekannt, deren Wassermoleküle – je nach Druck und Temperatur – unterschiedliche Strukturen bilden, von »Eis I« bis »Eis XVII«.

Ebenso ist es möglich, Wasser auf minus 40 Grad zu »unterkühlen«, ohne dass es friert. Das kann man sich in lustigen YouTube-Filmchen (Stichwort: »supercooled water«) ansehen. Da werden Flaschen ins Gefrierfach gestellt, deren Wasser auch nach Tagen unverändert flüssig ist. Sobald man die Flasche unterkühltes Wasser jedoch unsanft auf den Tisch stellt, schockfrostat es auf einen Schlag zu Eis. Die Erklärung: Damit Wasser zu Eis wird, braucht es zuerst Kristallisationskerne, wie etwa Staubteilchen, um die sich die Verfestigung gruppiert. Fehlen diese – wenn das Wasser sehr rein ist –, kann es bis weit unter den normalen Gefrierpunkt flüssig bleiben. Dann aber reicht schon eine kräftige Erschütterung, um die Kristallisation auszulösen.

Nur theoretische Spielerei? Nein, das hat alles praktische Relevanz. Unterkühltes Wasser findet sich zum Beispiel in hoch fliegenden Wolken, wo Temperaturen bis minus 40 Grad herrschen. Ob das Wasser dort oben in flüssiger oder eisiger Form vorkommt, beeinflusst die Reflexion von Sonnenstrahlen und damit das globale Klima. Und die verschiedenen Eis-Variationen spielen im Weltall eine große Rolle. Paradebeispiel ist der Jupitermond Ganymed, der von einer 900 Kilometer dicken Schicht Wassereis umgeben ist. Die dort herrschenden Drücke und Temperaturen führen dazu, dass Ganymed wie eine Zwiebel mit Schichten aus den Eissorten I bis VI umgeben ist.

Auf Asteroiden und Kometen wiederum findet sich »amorphes« (ungeordnetes) Eis. Dieses entsteht, wenn Wasser so plötzlich friert, dass die Moleküle mitten in ihrer Bewegung innehalten, ohne Zeit zu haben, ein Kristallgitter zu bilden. Auf der Erde lässt sich das nur mit ziemlichem Aufwand erzeugen, etwa indem man Wasserdampf bei minus 140 Grad Celsius an einem Kupferrohr kondensieren lässt. Doch genau dieses amorphe Eis ist der Schlüssel zu den kürzlich nachgewiesenen zwei Flüssigkeiten.

Denn wie die Forscher schon länger wissen, tritt auch amorphes Eis in zwei Varianten auf, einer sehr dichten und einer weniger dichten. Zwar ist in beiden Formen die Struktur der Wassermoleküle un-

geordnet, aber jeweils *anders* ungeordnet. Was passiert, wenn man diese beiden Eisformen langsam erwärmt? Dieser Frage ist der Stockholmer Physiker Anders Nilsson mit seinem Team nachgegangen.

Dabei zeigte sich, dass man zwischen minus 150 Grad und minus 140 Grad Celsius das amorphe Eis in eine eigentümliche Form flüssigen (Eis-)Wassers überführen kann, die zähfließend wie Honig ist. Deswegen Struktur haben die Forscher mit hochenergetischem Röntgenlicht am Deutschen Elektronen-Synchrotron Desy in Hamburg genauer untersucht, und siehe da: Analog zu den zwei Formen amorphen Eises zeigten sich auch zwei Formen von Wasser, eine hochdichte und eine weniger dichte Flüssigkeit, »High Density Liquid« (HDL) und »Low Density Liquid« (LDL) genannt. Dabei sind die beiden Arten bei diesen extrem tiefen Temperaturen so zähfließend, dass sie sich nur sehr langsam vermischen und deshalb gut zu beobachten sind. Was das bedeutet, bringt der Stockholmer Wassertheoretiker Lars Pettersson so auf den Punkt: »Wasser ist keine komplizierte Flüssigkeit, sondern zwei einfache Flüssigkeiten in einer komplizierten Beziehung.«

Sind damit die ewigen Rätsel des Wassers gelöst? Lassen sich nun alle Anomalien erklären? Wie immer in Sachen Wasser ist es nicht so einfach. »Wir wissen zwar nun, dass es zwei Flüssigkeiten gibt«, kommentiert Thomas Loerting, Professor für Physikalische Chemie an der Universität Innsbruck. »Doch ebenso wissen wir, dass sich diese Flüssigkeiten sehr rasch umwandeln und kristallisieren, wenn die Temperatur erhöht wird.« Noch sei deshalb unklar, welche Bedeutung die Doppelnatur des Wassers bei tiefen Temperaturen unter minus 140 Grad habe.

Lars Pettersson ist zuversichtlicher. Seiner Theorie zufolge besteht H_2O auch bei Raumtemperatur aus zwei Flüssigkeiten. Und die Anomalien entstehen ihm zufolge dadurch, dass sich das Wasser »nicht entscheiden kann, welche der beiden Formen es annehmen soll, hohe oder niedrigere Dichte, was immer wieder zu lokalen Fluktuationen zwischen beiden führt«. Ein definitiver Nachweis aber ist schwer zu führen, denn bei Zimmertemperatur vermischen sich die Wassermoleküle so schnell, dass sich die beiden Formen kaum beobachten lassen. Von einem »vollen Verständnis von flüssigem Wasser« könne also keine Rede sein, sagt Studienleiter Anders Nilsson.

Dieses Unwissen schafft Raum für alle möglichen Spekulationen – auch esoterischer Natur. Wenn Wasser so viele unerwartete Eigenschaften hat, liegt da nicht die Vermutung nahe, dass dieser Stoff noch viel mehr Dinge verbirgt, als die Schulweisheit sich träumen lässt?

Damit kommen wir zu jenem Teil der Wasserforschung, in dem es für Wissenschaftler heikel wird. Denn schon so manche sind über vermeintlich spektakuläre Ergebnisse gestolpert, die sich später als Humbug entpuppten. Hinzu kommt: Um Wasser rankt sich heute eine ganze Industrie, die an mittelalterliche Alchemie erinnert und die mit allerlei obskuren Methoden angeblich veredeltes Wasser gewinnbringend vermarktet. Da wird Wasser wahlweise aufgeladen und belebt, aktiviert, levitiert und strukturiert, energetisiert oder informiert. Als Forscher gerät man da leicht in ziemlich trübe Gewässer.

Warnend steht der Zukunft noch das »Polywasser«-Debakel vor Augen, das Ende der 1960er Jahre für Aufregung sorgte: Da verkündeten russische Chemiker, sie hätten im Labor eine neue wachsartige Form von Wasser erzeugt, die stabiler sei als normales Alltagswasser. Die Medien überschlugen sich. »In ein paar Jahren kann man vielleicht Möbel aus Wasser herstellen«, orakelte das *Wall Street Journal*. Besorgte Gemüter dagegen warnten bald vor dem »gefährlichsten Stoff der Welt«: Schon ein Tropfen des »Polymerwassers« könnte in den Ozeanen eine Kettenreaktion in Gang setzen und alles Wasser in die neue, stabilere Form überführen. Meere aus Wachs! Das Ende des Lebens! Es kam zu

einer regelrechten Hysterie – bis unabhängige Experimente zeigten, dass die russischen Resultate auf Verunreinigungen zurückgingen und Polywasser nichts anderes war als: nasses Salz.

Ähnlich erging es der These des »Wassergedächtnisses«. 1988 berichtete der französische Immunologe Jacques Benveniste im Fachblatt *Nature*, hochverdünnte Flüssigkeiten zeigten selbst dann eine Wirkung auf Blutkörperchen, wenn in ihnen kein einziges Wirkstoffmolekül mehr nachweisbar war – »als ob sich das Wasser daran erinnere, einmal das Molekül *gesehen* zu haben«.

Homöopathen jubelten. Endlich schien ein angesehener Forscher das Prinzip ihrer Lehre zu beweisen: »Hoch potenziertes« Wasser ohne erkennbare Inhaltsstoffe kann biologische Wirkung erzielen. Es begann ein bizarrer Forscherstreit, in dessen Verlauf unter anderem der *Nature*-Chefredakteur mit einem Detektiv und einem Magier in Benvenistes Labor erschien, um dessen Trickereien aufzuklären. Ein klarer Betrug konnte ihm nicht nachgewiesen werden, aber es gab allerlei Ungereimtheiten; zudem konnten andere Labore die Ergebnisse nicht bestätigen. Am Ende stand Benveniste entehrt da, sein Labor wurde geschlossen, und er starb verbittert, bis zum Schluss auf der Richtigkeit seiner Entdeckung beharrend.

Diese zwei Vorfälle haben der Wasserforschung irreparablen Schaden zugefügt, glaubt Gerald Pollack, Biowissenschaftler und Herausgeber des Wissenschaftsjournals *Water*. »Kaum etwas erholt vom Debakel um Polywasser, erlitt dieser Forschungsbereich einen erneuten, noch verheerenderen Rückschlag«, schreibt Pollack. Seither sei die Wasserforschung geradezu »schizophren«: Auf der einen Seite stehe der Mainstream der Forscher, der auf hochseriöse (aber ein wenig langweilige) Weise die molekularen Eigenschaften des Wassers mit Röntgenstrahlen oder Computersimulationen immer genauer vermesse. Auf der anderen Seite fänden sich jene, die sich für die rätselhaften Seiten des Wassers interessieren und glauben, das Potenzial dieses Stoffes sei noch längst nicht ausgeschöpft.

Einer der wenigen Mittler zwischen den Welten ist der emeritierte Chemiker Martin Chaplin, der die derzeit ausführlichste Übersicht über alle Aspekte der Wasserforschung bereitstellt. Seine Internetseite (www1.lsbu.ac.uk/water) listet zu jedem Thema eine Vielzahl einschlägiger Studien auf. Wer dort stöbert, stellt zum Beispiel erstaunt fest, dass noch immer Forschungen zum Wassergedächtnis betrieben werden und dass Chaplin selbst die Sache längst nicht für entschieden hält. Allerdings wird dabei auch klar: Als »Beweis« für die Homöopathie taugen diese Studien nicht. Dazu sind die Effekte in der Regel viel zu kurzlebig. Außerdem werden die meisten Homöopathika als feste Globuli verabreicht. Damit ist Wasser ohnehin aus dem Spiel.

Schwieriger zu beurteilen ist eine Theorie, die Gerald Pollack selbst propagiert. Der Forscher der University of Washington in Seattle postuliert, eine bislang verborgene Form des Stoffes entdeckt zu haben, die sogenannte Exklusionszone (EZ), die sich stets an Grenzflächen bilde. Diese besondere Schicht des Wassers soll einen halb kristallinen Zustand aufweisen und frei von jeglicher Verunreinigung sein. In dem Buch *Wasser – viel mehr als H₂O* stellt er für dieses EZ-Wasser bereits fantastisch klingende Anwendungen in Aussicht: Damit soll man nicht nur Wasser reinigen, sondern auch Sonnenlicht in Energie umwandeln und künftig Solarzellen ersetzen können.

Bisher jedoch findet der Wasserrevolutionär bei Kollegen so gut wie keinen Anklang. Kaum jemand mag sich mit dem EZ-Wasser näher befassen, die meisten reagieren auf Pollacks Visionen mit Skepsis und halten ihm den guten alten Grundsatz entgegen: Besondere Behauptungen bedürfen besonderer Beweise. Und die habe Pollack bisher nicht geliefert.

Begeisterung schlägt ihm dafür von Alternativmedizinerinnen und den modernen Wasseralkemisten entgegen, die auf das Levitieren, Energetisieren oder Informieren schwören. Sie sehen in dem amerikanischen Professor endlich einen anerkannten Vorkämpfer für ihre Sache. Dass Pollack daher oft auf eher fragwürdigen, pseudowissenschaftlichen Konferenzen auftritt, macht ihn in den Augen seiner Kollegen nicht seriöser.

Er selbst erklärt sich die mangelnde Resonanz seiner Kollegen unter anderem mit deren Mutlosigkeit. Die meisten würden sich nur noch mit Details befassen und hätten das große Ganze aus dem Blick verloren. Auch wenn das kein Beweis für Pollacks spezielle Theorie ist – an dem Befund ist was dran. Tatsächlich gibt es kein Labor, in dem molekulare und makroskopische Aspekte des Wassers gleichermaßen erforscht würden. Zwar bearbeiten allein in Deutschland rund 150 Institute verschiedenste Aspekte des Themas Wasser, von der Schadstoffanalytik bis zum Deichbau. Was fehlt, ist die Zusammenschau.

So wird das Wasser mit seinen Paradoxien die Wissenschaft noch lange in Atem halten und zugleich all jenen weiter Grund zu träumen geben, die noch Sagenhafteres erhoffen – etwa den Beweis, dass Wasser sogar auf menschliche Gedanken und Gefühle reagiert.

Diese Behauptung geistert seit Jahren durch die Welt und geht auf die Bilder des japanischen Wasservisionärs Masaru Emoto zurück. Dieser hatte poetische Bilder von Eiskristallen vorgelegt und behauptet, diese zeigten die Reaktion des Wassers auf allerlei kuriose Einflüsse. Wurde etwa das Wasser mit schöner Musik beschallt oder mit liebevollen Gedanken gehegt, bildeten sich laut Emoto wunderschöne Formen; bei schädlichen Einflüssen – etwa wenn das Wassergefäß mit »Hitler« beschriftet war – blieben die Kristalle kümmerlich und hässlich.

Eine tolle Story. Leider blieb es Emotos Geheimnis, wie er seine Bilder herstellte. Entsprechende Fachpublikationen gab es nicht. Klar ist nur: Wer Hunderte Fotos von einem Kristall schießt und das passendste auswählt, kann damit nahezu jeden beliebigen Einfluss »nachweisen«.

Das hat zwar mit Wissenschaft nichts mehr zu tun und gehört in den Bereich der Kunst. Aber Wasserkunst ist ja auch sehr schön.

(Kopiert aus: Die Zeit Nr. 47, 16. November 2017)