

Metachemie des Wassers

Wasser ist H₂O: eine Verbindung, kein Element. Mit dieser Feststellung glauben viele, das Wesentlichste an unserem modernen Wissen über das Wasser formuliert zu haben. H₂O – das ist auch eine polemische Spitze gegen die alte Elementenlehre, die mit der modernen Chemie und ihrer emblematischen Formel ad acta gelegt wurde. Tatsächlich ist H₂O aber nur ein Aspekt unseres modernen Wissens über das Wasser. Auch die moderne Chemie versteht das Wasser nicht nur elementaristisch als zusammengesetzt aus Wasserstoff und Sauerstoff, sondern stellt es in den großen Zusammenhang des Lebens. Sie denkt es von unten, aus seinen Elementen, aber auch von oben, von seiner Rolle im Gesamtzusammenhang des Lebens. Und sie scheut sich nicht vor philosophischen Ausblicken. Die moderne Metachemie des Wassers, die experimentell gesichert ist und doch über reines Laborwissen hinausgeht, soll im Folgenden vorgestellt werden. Um diese Metachemie besser einordnen zu können, werde ich im ersten Drittel des Essays zunächst Aspekte der stoischen Naturphilosophie darstellen, die zwar überwiegend spekulativ verfuhr, aber dennoch einige Ideen mit der modernen Metachemie des Wassers teilt. Immer geht es um die *Lebendigkeit* des Wassers, die in unserer Erfahrung, im Mythos, in der Philosophie und schließlich auch von modernen Naturwissenschaftlern als zentrale Eigenschaft des Wassers angesehen werden.

WASSERERFAHRUNGEN

Schon geringe äußere Anlässe, leichte Erschütterungen, ein zarter Luftzug bringen das Wasser in Erregung, Wellen laufen hin und her, schwingen durcheinander: Eine besondere Sensibilität eignet dem Wasser¹ mehr als anderen Flüssigkeiten; Novalis sprach in einem seiner Fragmente vom »sensiblen Chaos«. ² Pressen wir eine Hand im Wasser zusammen, so haben wir den Eindruck von etwas Schatenhaften, das wir nicht zu fassen bekommen, das entflieht, obgleich wir es doch schon mit den Fingern umschlossen haben. Diese Erfahrung wird durch den optischen Eindruck bestätigt, wenn wir mit der Hand Wasser schöpfen: Es rinnt und rennt zwischen unseren

Fingern davon, es macht sich schmal und lang und flieht durch die winzigsten Ritzen.

Man kann auf einer Wasseroberfläche keine Markierungen eintragen, sie ist weder mit Farbe konstant zu bezeichnen, noch lässt sie sich ritzen. Ein Schiff hinterlässt im Wasser keine Rille. Vielmehr ist die ganze Wasseroberfläche »beschäftigt«, die durch das eindringende Schiff verursachte Störung wieder auszugleichen. Die erlittene Einbuchtung wird durch auseinanderlaufende Wellen weit verteilt und dadurch endlich ausgelöscht. Die Wasseroberfläche ist wie eine bügelfreie Stoffbahn, die sich beständig selber strammzieht; auch die Oberfläche des Wassers hat etwas von einer lebendigen Haut.

Wo auch immer uns das Wasser begegnet, kaum je ist es ganz still, meist bewegt es sich, wie auch der Dichter Francis Ponge in seiner Phänomenologie des Wassers betont hat. Der Dichter findet die Lebendigkeit sogar im Leitungswasser und schreibt: »Leitungswasser mag ich sehr. Diese Tatkraft, dies Lachen, diese Überstürzung, diese Geschäftigkeit habe ich gern.«³ Auch schreibt er von der »Unruhe des Wassers: empfindlich für den geringsten Neigungswechsel. Hüpfte die Treppen mit beiden Beinen zugleich herunter. Verspielt, kindisch vor Gehorsam, kommt gleich, wenn man es ruft ...«. ⁴

In einer anderen Studie hat Ponge sich auch dem Getränk Wasser gewidmet und festgestellt, dass nur das frisch gezapfte oder geschöpfte Wasser schmeckt, lässt man es hingegen lange stehen oder kocht es ab, dann wirkt es, wie er sagt, gealtert, leblos.

Wasser begegnet uns unter freiem Himmel nicht in kleinen, gezähmten Portionen, abgepackt und abgefüllt, sondern als Gewässer, als Bach, als Fluss, als See, als Meer. Bäche und Flüsse wirken noch mehr als die kleine Wasserportion im Glas lebendig, oft sogar lebhaft; sie haben eine auffällige Individualität, sind ununterbrochen in Tätigkeit.

Diese Lebendigkeit hat zur Bildung von Flussgottheiten Anlass gegeben⁵ Man sah in ihnen übermenschliche Naturmächte, denen auch geopfert wurde. Flussbezeichnungen zählen, wie schon Leibniz feststellte,⁶ zu den ältesten Sprachdenkmälern, oft erhalten sich Namen wie Lech oder Wertach auch dann noch, wenn alle anderen Worte der Sprache, der sie entstammen, vergessen sind.

¹ Mahayni 2003, S.125–128.

² Schwenk 2003, S. 7.

³ Ponge 1965, S. 391.

⁴ Ponge 1965, S. 69.

⁵ Über indische Flussgottheiten vgl. Behr 1988; Flussgötter in der europäischen Antike vgl. Ninck 1967, S.1–30, Dinkler-von Schubert 1972, Falter 1999, Brewster 1997.

⁶ Leibniz 1996, S. 31.

In der klassischen Literatur findet man über Flüsse ein treffendes Zitat, das Martin Ninck bei Artemidor entdeckt hat. Der griechische Traumdeuter schreibt: »Es ähneln nämlich die Flüsse den Herrschern und den Richtern, weil sie tun, was ihnen gut scheint und ohne sich rechtfertigen zu müssen, sondern nur aufgrund eigener Einsicht.«⁷ Auf antiken Münzen werden Flussgottheiten, die oft als Herrscher einer Landschaft galten, immer männlich dargestellt. Es sind meist alte Männer, was auf das hohe Alter der Flüsse hinweist – ehe Menschen kamen, waren sie schon da. Sie liegen in der Regel, aufgestützt auf einen Arm: ein Sinnbild ihrer Doppelnatur, denn sie haben ihr Bett, sind aber doch auch fähig, darüber hinaus zu langen. Sie sind in aller Regel kräftig, oft muskulös, was auf die Energie der Flüsse hinweist. Nicht selten werden sie mit Stierkopf dargestellt, auch dies ein Zeichen für die Kraft, vielleicht auch für die Dickschädeligkeit und zudem die Fruchtbarkeit der Flüsse.⁸ Im Donnern, das viele Flüsse hören lassen, wenn sie durch Schluchten, über Katarakte oder Wasserfälle stürzen, meinte man vielleicht auch das Stiergebrüll zu hören.

In einer Abhandlung über antike Flussgötter vergleicht Harry Brewster die Bedeutung der Flüsse in den Mythen mit der Bedeutung der Berge und stellt fest: »The mountains formed an important part of the mythological landscape but they remained inanimate, whereas the rivers were characters in the myths, often their protagonists, as well as essential features of the scenery. They were living beings, they were divinities. The mountains, on the other hand, were seldom gods. There is a quality pertaining to water in motion which suggests life.«⁹ Es dürfte auch die von fließendem Wasser erzeugte Klangwelt¹⁰ sein, die bei jedem Gewässer anders ist und die mal freundlich-plaudernd,¹¹ bisweilen aber auch donnernd-bedrohlich daherkommen kann, je nach Wasserführung und Fließgeschwindigkeit. Nahezu immer aber vermitteln die Klänge fließenden Wassers den Eindruck von etwas Lebendigem.

Martin Ninck vergleicht in seiner mythologisch-phänomenologischen Untersuchung über Wassermymen die in der alten Mythologie stets männlichen Flüsse mit den weiblichen Quellen und See-Gottheiten und stellt ebenfalls das Bewegende und nicht selten Brüllende der Flüsse dem eher sanften Glucksen der Quellen und dem allenfalls milden Plätschern der Seen entgegen. Auch in nachantiken Mythen werden Quellen mit weiblichen göttlichen Figuren in Beziehung gesetzt; häufig mit Maria. Flüsse dagegen werden auch heute noch im halbmythischen Reden und Denken eher als männlich gesehen, man denke nur an Formulierungen wie »Vater Rhein«. Auch die Flussgottdarstellungen in nachantiken Zeiten lehnen sich sehr oft, wie man etwa an den Darstellungen des Lechs sehen kann, an die antike Ikonographie an. Auf dem Augustusbrunnen in Augsburg und auch auf Augsburger Münzen ist der Lech daher immer als liegender alter Mann dargestellt mit den Attributen der Flößer-schaukel, des Wolfsfells und eines Kranzes von Fichtenzweigen.¹²

DAS WASSER ALS KOSMISCHES ORGAN: DIE NATURPHILOSOPHIE DER STOA

Mythen sind suggestiv, ich habe sie an den Anfang gesetzt, um an Erfahrungen mit dem Wasser zu erinnern, die uns allen geläufig sind. Sie stammen ersichtlich aus einer Zeit, in der die Flüsse noch nicht kanalisiert und verdämmt waren, auch wenn im Römischen Reich große Kanalbauten in Angriff genommen und ganze Flüsse in Aquädukte umgeleitet wurden. Mythen verbinden Erfahrungen und Gedanken zu Erzählungen, sie haben auch eine praktische Seite, denn die Erzählungen von den Flussgöttern waren verbunden mit Flussgottkulten, die bei großen Flüssen wie dem Nil auch öffentlich organisiert wurden, es gab Priester für die großen Flussgötter. Man opferte den Flüssen etwa vor gefährlichen Befahrungen oder Überschreitungen, wie in den antiken Quellen vielfach belegt ist.

Obwohl auch heute noch Mythen in der Politik wie auch in der Naturerfahrung und Naturbehandlung eine unübersehbare Bedeutung haben, ist doch unser Naturverständnis deutlich nüchterner und nicht um traditionelle Erzählungen, sondern um Begriffe und Theorien organisiert. Die Natur – und damit auch das Wasser begrifflich und theoretisch zu erfassen, das wurde erstmals in der griechischen Naturphilosophie versucht. Wasser wurde von den Griechen und dann auch von den Römern und bis in die Neuzeit hinein bekanntlich als Element, als nicht zerlegbarer Grundstoff angesehen, ebenso wie die Erde, die Luft und das Feuer.

Als Beispiel für einen begrifflichen Zugang zum Wasser möchte ich im Folgenden aber nicht die aristotelische Vier-Elemente-Lehre darstellen, sondern die stoische Naturphilosophie, weil das Wasser und seine Lebendigkeit darin eine große Rolle spielen. Auf die Stoa gehe ich auch deshalb ein, weil sie einerseits eine besondere Aufmerksamkeit für Substanzen hatte, insbesondere auch für das Wasser, weshalb sie auch für die Alchemie und die frühe Chemie eine wichtige Anregerin blieb,¹³ andererseits aber auch bereits gezielte naturwissenschaftliche Einzelstudien durchführte und dabei doch stets bemüht war, die Einzelphänomene im Kontext des Ganzen zu deuten, vor einem kosmischen Hintergrund. Neuere chemisch-metachemische Deutungen des Wassers in der modernen Naturwissenschaft werden ebenfalls transparenter, wenn man sie vor dem Hintergrund der stoischen Lehre versteht.

Die Stoa ist eine philosophische Schule, die heute vor allem für ihre rigorose Ethik berühmt ist, die Gelassenheit und gelassenes Ertragen lehrt. Die Schule wurde zunächst vor allem von Philosophen vertreten, die von den Rändern der griechischen Welt kamen und nicht selten selbst gar keine Griechen waren, sondern z. B. Phönizier, wie Zenon von Kition (333/32–262/61 v. Chr.), der Schulgründer oder Syrer, wie Poseidonios von Apameia (135–51 v. Chr.), auf den ich gleich eingehe.

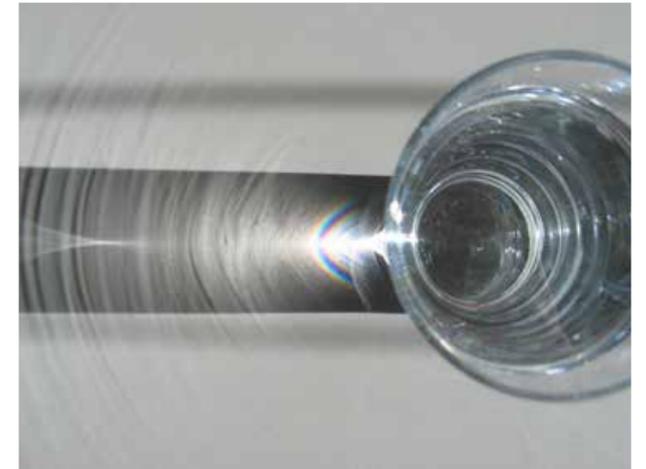
Die Stoa entwickelte, was wenig bekannt ist, jedoch auch bedeutende Beiträge zur Logik sowie erstmals eine systematische Grammatik, die für alle spätere Sprachwissenschaft wegweisend blieb. Und sie umfasste auch eine Naturphilosophie, die gegenüber der berühmten, auch heute noch viel rezipierten Aristotelischen Naturphilosophie etliche Vorzüge hat. Das lag auch daran, dass die Stoa bereits im Horizont des hellenistischen bzw. später des römischen Weltreiches dachte und damit über ein reicheres Erfahrungsmaterial verfügte als etwa Aristoteles. Die Stoiker kannten nicht nur das Mittelmeer, sondern auch den indischen bzw. atlantischen Ozean; sie sahen das Wasser in einem großen Zusammenhang. Dies möchte ich am Beispiel des Poseidonios von Apameia verdeutlichen, der der mittleren Stoa zugerechnet wird und der wohl bedeutendste Naturphilosoph der Stoa war.

Poseidonios war ein stoischer Philosoph, der in Apameia im heutigen Syrien geboren wurde, sich später aber auf Rhodos ansiedelte. Er wirkte und lehrte im letzten vorchristlichen Jahrhundert – Griechenland und die hellenische Welt des Mittelmeeres waren da schon Teil des römischen Imperiums. Poseidonios war ein älterer Zeitgenosse des Caesar, des Pompeius und des Cicero. Den Bürgerkrieg, der mit dem Sieg Caesars endete, hat er noch erlebt, dessen Ermordung an den Iden des März 44 v. Chr. nicht mehr. Poseidonios war griechisch-syrischer Herkunft, er war der erste Naturforscher, der sich intensiv mit der Erforschung des Ozeans befasste, seine Lehre, auch wenn sie nur in wenigen Bruchstücken erhalten ist, mutet in Vielem visionär an. Die westlichen Eroberungen Roms – Spanien war gerade Teil des Imperiums geworden – boten ihm die Möglichkeit, in den äußersten Westen der damals bekannten Welt, bis zu den »Säulen des Herkules« zu reisen und damit das geschützte Mittelmeer zu verlassen.

Bald nach dem Jahr 100 v. Chr. bestieg Poseidonios, damals um die vierzig, wohl in Brundisium, dem heutigen Brindisi in Süditalien, ein Schiff und reiste nach Spanien. Vermutlich begann er seine Reise im März, denn der Schiffsverkehr begann üblicherweise im Frühjahr und endete im Herbst. Von Italien aus gesehen war es eine Reise ins Unbekannte. Zwar waren Spanien und Gallien weitgehend unterworfen, doch immer noch galten die Menschen, die dort siedelten, als grausam und wild.

Poseidonios passierte die Meerenge von Gibraltar, die das Mittelmeer mit dem Atlantik verbindet und landet in Cádiz, dem antiken Gades, an der Westküste Spaniens, dem Ziel seiner Reise. Eine alte Stadtgründung, die lange von den Phöniziern, damals aber, um 100 v. Chr., bereits von den Römern beherrscht wurde. Hier, an der schmalen Landspitze der heutigen Costa de la Luz, die sich in den lichtumfluteten Ozean hineinschiebt, blieb Poseidonios vier Wochen.

Er befasste sich mit den Bewohnern des Ozeans, forschte über die Thunfische, beschrieb auch Wale, doch in erster Linie ging es um den Ozean selbst, um sein Wesen, seine Rolle im Kosmos. Er sah ihn im Ordnungssystem der stoischen Naturphilosophie – die



von den Elementen einen hohen und intensiven Begriff hatte. Für Poseidonios waren Wasser und Luft keine toten Stoffe, sondern erfüllt von göttlichem Leben, über tausenderlei Korrespondenzen mit dem lebenden Kosmos verknüpft. Das Wasser barg nicht nur Leben, es war selbst lebendig, beständig in Bewegung. Wie ein Lebewesen atmet der Ozean im Wellengang ein und aus, was Poseidonios als Palindromie bezeichnet. Die Elemente des Lebens, insbesondere Luft und Wasser, waren nach Überzeugung der Stoiker »zusammengewachsen« mit den Lebewesen, was uns heute, im Zeichen der Erdsystemforschung, höchst plausibel erscheint. Poseidonios war von der Einheit des Ozeans überzeugt, er sah ihn ähnlich gewaltig und erhaben wie die Atmosphäre, die alles Lebendige umhüllt und in ihrem Walten das Irdische mit den Sternen verbindet.

Die Luft der Erde, so glaubten die Stoiker, nährt die Gestirne, insbesondere die Sonne. Ähnlich sah Poseidonios auch den Ozean in seinem gewaltigen Weltgemälde in engem Zusammenhang mit dem Kosmos. Wir finden Exzerpte aus seiner Schrift bei dem Geographen Strabo, dessen Werk überliefert ist. Strabo hat Poseidonios Buch über den Ozean genauestens gelesen und trotz heftiger Kritik, die er dem Stoiker öfters zuteilwerden lässt, viel daraus übernommen. Hier einige Zitate:

»Das Meer gleicht den Lebewesen; denn wie diese ununterbrochen ein- und ausatmen, so auch das Meer: Es befindet sich unablässig in einer vor- und rückläufigen Bewegung, die aus ihm selbst kommt und wieder zu ihm zurückkehrt. Wer am Strand steht, kann dies ja am Wellengang beobachten. Seine Füße werden bespült, dann wieder frei von Wasser, dann wieder bespült, und so geht es ohne Unterbrechung. Dem heranströmenden Wasser läuft die Welle nach, auch wenn volle Windstille herrscht. Kommt aber die Welle heran, so entwickelt sie eine stärkere Kraft und spült alles Fremde an Land ...«¹⁴ Poseidonios spricht auch von »der Reinigung des Meeres, mit der sogar tote Körper und Wrackteile an Land gespült werden.«¹⁵

⁷ Artemidor, on.II 27, zitiert nach Martin Ninck 1967 (1920), S. 22.

⁸ Falter 2009, VIII-XII, vgl. auch Krause 1871, S. 202–218.

⁹ Brewster 1997, S. 2.

¹⁰ Schäfer 2010, S. 52–61.

¹¹ Vgl. besonders Bachelard 1997, S. 260–262.

¹² Pfeuffer 2015, 2016.

¹³ Schütt 2000, S.70–74.

¹⁴ Aus Strabo I, 3, 8–9, zitiert nach der Ausgabe Nickel 2008, Bd. II, S. 539.

¹⁵ Aus Strabo I, 3, 8–9, zitiert nach der Ausgabe Nickel 2008, Bd. II, S. 539.



Und hiermit verbindet sich auch sein wichtigstes Forschungsprojekt, das er in Gades durchführte. Vier Wochen lang nämlich untersuchte er im Herkulestempel der Stadt, der über einen Flutmesser verfügte, den täglichen und wöchentlichen Gang von Ebbe und Flut. Beide Phänomene waren dem klassischen Altertum kaum bekannt, da sie im Mittelmeer wenig spürbar sind. Erst mit den Alexanderzügen, die die Griechen an den indischen Ozean führten, wurde man in den Mangrovenwäldern der indischen Küste mit Ebbe und Flut bekannt. Aristoteles, der Lehrer Alexanders, der von dem Phänomen aus den Feldzugsberichten des Generals Nearchos erfuhr, meinte, die Gezeiten hätten etwas mit den Dünsten zu tun, die sich über dem Meer bilden und durch ihr Gewicht dieses an Land drücken, bis sie schließlich abregnen. Dies ist eine ganz mechanistische Interpretation, der die Stoiker eine vitalistische entgegensetzten. Das Wasser ist danach, weil es lebendig ist, auch empfindungsfähig und nähert sich auf Grund innerer Sympathie dem Mond, wodurch die Gezeiten entstehen:

»Er sagt aber, die Bewegung des Ozeans sei in Sympathie mit dem Mond ähnlich regelmäßig wie der Lauf der Sterne nach Tag, Monat und Jahr. Denn wenn dieser in der Höhe eines Tierkreiszeichens über dem Horizont stehe, beginne das Meer sichtbar anzuschwellen, um zum Land hin anzusteigen, bis er seinen höchsten Stand am Himmel erreiche. Aber wenn das Gestirn dann wieder sinke, gehe das Meer allmählich wieder zurück, bis der Mond in Höhe nur noch eines Tierkreiszeichens über seinem Untergang stehe ...«¹⁶ Poseidonios schildert erstmals nicht nur den täglichen, sondern auch den wöchentlichen Gang der Gezeiten und erfährt sogar, durch die Erzählungen der Gaditaner, von jährlichen Minima und Maxima. Die Mächtigkeit des Tidenhubes ergriff ihn, er sagt, dass zwischen Ebbe und Flut bisweilen Unterschiede von 8 m gemessen werden können, dass das Meer das Land hier und da auf bis zu 9 km überflute. Sofort rückt Poseidonios das Phänomen in den

weiten Horizont seines kosmischen Weltbewusstseins und sagt, dass es die Gestirne sind, die durch ihr Wirken und ihren Zusammenhang mit den Elementen Ebbe und Flut verursachen. Denn durch »Sympathie mit dem Mond«¹⁷ erheben sich die Wasser, stellt Poseidonios fest. Und nicht nur Mond und Sonne wirken, sondern alle Gestirne, lehrt Poseidonios – und sie wirken nicht nur auf die Wasser, sondern auf alle Lebewesen und auf die Luft.

Von Gades aus kehrte Poseidonios, nachdem er das Meer vier Wochen lang studiert hatte, wieder um, er segelte an der Küste Nordafrikas entlang zurück nach Italien. Über jene Rückreise erfahren wir nicht viel, wir wissen, dass sie aufgrund widriger Windverhältnisse über drei Monate dauerte. Schließlich ließ sich Poseidonios in Rhodos nieder, wo er eine Philosophenschule eröffnete und mit der Niederschrift seines naturphilosophischen Werkes begann. Es war wohl das erste ozeanographische Werk überhaupt, sein Titel lautete: Über den Ozean und seine Anwohner, man kann auch übersetzen: Über den Ozean und das, was mit ihm zusammenhängt. Das Buch erschien etwa zehn Jahre nach seiner Rückkehr von der Westspitze der Alten Welt um 87 v. Chr. und mehrte den ohnehin schon weit ausstrahlenden Ruhm des Philosophen nachhaltig. Es ist nur in wenigen Bruchstücken späterer Autoren, die von Poseidonios abschrieben oder sich von ihm inspirieren ließen, wie etwa Seneca oder Strabo, erhalten.

Das Wasser wird darin nicht mythologisch gedeutet; es wird unter Begriffe gebracht und in einem Lehrsystem erläutert. Dieses Lehrsystem spricht aber dem Wasser weiterhin das Charakteristikum der Lebendigkeit zu und verbindet gerade darüber zahlreiche empirisch feststellbare Phänomene. Der Horizont des stoischen Denkens ist weit; alles wird immer vor dem Hintergrund des Ganzen gesehen.

Wenden wir uns von der stoischen Philosophie in einem recht großen Sprung zur modernen Naturwissenschaft des 20. und 21. Jahrhunderts, so könnte es scheinen, als sei ein größerer Kontrast kaum denkbar. Hat nicht die moderne Naturwissenschaft mit ihrer Entdeckung, dass Wasser eben kein Element, sondern eine Verbindung ist, eine Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff, das Wasser nachhaltig entzaubert? Ist nicht ein für alle Mal festgestellt, dass sämtliche vorwissenschaftlichen Mythen und Theorien über das Wasser der Grundlage entbehren und getrost dem nur mehr antiquarischen Interesse der Altertumsforscher überlassen werden können?

Diese Meinung mag naheliegen, beruht aber auf einer sehr einseitigen Wahrnehmung naturwissenschaftlicher Forschung. Neben einer Tendenz der Spezialisierung und immer weiter fortschreitenden Zerlegung gibt es nämlich auch in der modernen Naturwissenschaft Forschungen, die das Wasser im planetaren, ja sogar im kosmischen Zusammenhang deuten. Es ist verständlich, dass von einer solchen Forschung eher Bezüge zur Philosophie, die immer ein Denken des Ganzen ist und sogar zum Mythos hergestellt werden können als aus der fachlichen Einzelforschung.

DIE EIGNUNG DES WASSERS FÜR DAS LEBEN

Die stoische Philosophie des Wassers, die dessen Lebendigkeit betont, es gar selbst zum Lebewesen macht, erfährt in der modernen naturwissenschaftlichen Erdsystemforschung, auf die ich nun eingehen will, sogar eine Art spätes Comeback. Allerdings geht die moderne Erdsystemforschung dabei nicht, wie die Philosophie der Stoa, von metaphysischen Prinzipien und Phänomenen, d.h. einfachen, ohne Gerät und Mathematik gewonnenen Beobachtungen und Überlegungen aus, sondern von hochdifferenzierten, experimentell gestützten, mathematisch vernetzten Daten.

Sie legt übrigens auch einen anderen Begriff des Lebewesens zugrunde; danach ist aktiver Stoffwechsel, Fortpflanzung und Erhalt einer Grenze zur Umwelt wesentlich dafür, etwas als Lebewesen anzusehen. Das Wasser als solches wird deshalb auch nicht (mehr) als Lebewesen verstanden; das muss aber nicht als eine Herabstufung verstanden werden. Denn mit den Erkenntnissen, die aus experimenteller, quantitativer Forschung gewonnen werden, kann seine Rolle im Gesamtzusammenhang des Lebens genauer und komplexer beschrieben werden, als es in der Antike möglich war.

Eine andere Abgrenzung, die zur allgemeinen Chemie, ist ebenfalls wichtig. Fragt man als Chemiker nach dem Wesen des Wassers, ist die Antwort, wie bereits gesagt, die Formel H_2O . Die Formel gibt an, aus welchen Elementen (oder Verbindungen der Elemente) das Wasser dargestellt werden kann, sie zeigt den chemischen Prozess, aus dem es hervorgeht, genau an, nämlich eine Oxidation von Wasserstoff (oder wasserstoffhaltigen Substanzen). Wasser wird durch die Formel in das große Netzwerk der chemischen Transformationen gestellt. In der Erdsystemforschung aber geht es nicht um dieses abstrakte Netzwerk, hier interessiert nicht, welche Labortransformationen sich mit und am Wasser vollziehen lassen. Vielmehr wird in der chemischen Ökologie die Rolle des Wassers für das Leben untersucht. Oder mit den Worten von Lawrence Henderson (1878–1942), einem Pionier der chemischen Ökologie, der übrigens seine Forschung auch als Beitrag zur Philosophie verstand: »Inwiefern begünstigen die Eigenschaften der Materie und der Energie und die kosmischen Vorgänge die Existenz von Mechanismen, welche kompliziert, im höchsten Grade reguliert und mit einer entsprechenden Art von Materie und Energie versehen sind? Sollte es sich herausstellen, dass die Eignung der Umwelt für diese Lebensbedingungen groß ist, dann wollen wir fragen, ob sie so groß ist, dass wir sie nicht mehr als zufällig ansehen können und endlich wollen wir erforschen, welches Gesetz imstande ist, diese Eignung der Natur selbst zu erklären.«¹⁸

Ein wichtiger Ansatzpunkt sind dabei die verschiedenen, experimentell erforschbaren Anomalien des Wassers. Manche dieser Anomalien sind heute vielen Schulkindern bekannt. Wasser ist eben keine Flüssigkeit wie viele andere, sondern in der Tat ein ganz besonderer Saft, wie sich beim Vergleich zwischen ihm und ande-



ren Stoffen herausstellt. Da ist zum einen die außerordentlich hohe Wärmekapazität des Wassers. Denkt man sich die Wärme als einen Quasistoff, von dem unterschiedliche Substanzen (wie Metalle, Holz oder eben Wasser) unterschiedliche Mengen aufnehmen können, dann ergibt eine experimentelle Untersuchung, dass Wasser eine außerordentlich hohe Wärmekapazität hat. Es kann viel Wärme schlucken, ohne seine Temperatur merklich zu erhöhen. Weitaus mehr als zum Beispiel Öl oder Fett. Eine fetthaltige Suppe z. B. enthält weniger Wärme als ein heißer Tee und wird in derselben Thermoskanne deutlich schneller kalt. Unter anderem aus diesem Grunde laufen unsere Zentralheizungen mit Wasser und nicht mit einer anderen Flüssigkeit – weil eben nur das Wasser sehr viel Wärme aufnehmen und damit auch abgeben kann.

Weil Wasser viel Wärme aufnehmen und als Dampf dann abtransportieren kann, ist kühles Wasser auf der Haut auch deutlich erfrischender als andere kühle Flüssigkeiten. Es gibt keine zweite Flüssigkeit, ja, überhaupt keine zweite Substanz, die beim Verdampfen mehr Wärme aufnimmt und damit auch mitnimmt als Wasser.¹⁹ Ein Tropfen Schweiß, der zu Dampf wird, nimmt daher die maximale Wärmemenge mit, die überhaupt möglich ist, was für die Wärmeregulation vieler Tiere und auch des Menschen sehr wichtig ist und überhaupt für die Stabilität des Klimas.

In der Natur hat die hohe Wärmekapazität des Wassers – wie das Fachwort heißt – eine enorme Bedeutung. Wasserkörper, Seen oder Meere, speichern Wärme im Sommer und geben diese im Winter langsam wieder ab. Damit gleichen sie das Klima aus, nehmen den Gegensätzen von Warm und Kalt die Spitze. Sie mildern, bewirken eine Dämpfung.

Diese Dämpfung, auch Filterung, bewirkt übrigens auch der Wasserdampf in der Atmosphäre, was Henderson noch nicht wissen konnte. Denn Wasserdampf reduziert die sehr energiereiche Strahlung der Sonne ganz beträchtlich, indem er lediglich ein recht

¹⁶ Strabo III, 5, 7–8, verändert zitiert nach Nickel 2008, Bd. II, S. 543 ff.

¹⁷ Préaux 1970, S. 7–57; S. 103–115.

¹⁸ Henderson 1914, S. 18, vgl. auch die spätere Darstellung in Henderson 1917, S. 155–185.

¹⁹ Needham 1965, S. 13.

schmales Fenster im Bereich des sichtbaren Lichtes durchlässt.²⁰ Läge dieses Fenster im Kontinuum der elektromagnetischen Strahlung nicht genau da, wo das Wasser es hat, erhielte das Leben entweder zu wenig Energie oder zu viel. Zudem fängt der Wasserdampf die von der Erde abstrahlenden Wärmestrahlen auf und sorgt damit für eine Erhöhung der Durchschnittstemperaturen. Milderung also allenthalben! Die Milderung war übrigens in Form der sogenannten Krisis, der temperierten Mischung, schon ein Grundprinzip der Naturerkenntnis im Kontext des stoischen Systems.

Die hohe Wärmekapazität des Wassers hat zudem den Effekt, dass auch bei extremen Klimabedingungen die Temperatur im Wasser sehr lange stabil ist, so dass z. B. Leben in den Ozeanen immer möglich ist.²¹ Auch wenn die Luft sehr stark abkühlt, wird das Wasser sehr lange Zeit konstante Null Grad Celsius aufweisen, denn eine Mischung von Eis und Wasser hat ziemlich genau diese Temperatur. Sehr viele Lebewesen können bei dieser Temperatur ohne weiteres leben. Und um Wasser zu verdampfen, ist wiederum sehr viel Wärme nötig, viel mehr als bei anderen Substanzen. Deshalb ist das Schwitzen ein außerordentlich effizienter Mechanismus, um Wärme abzugeben, und deshalb kühlt Wasser auch so wirksam. Die verdampften Wassermassen, welche in warmen Regionen gebildet werden, regnen in kälteren wieder ab und geben dabei ihre Wärme frei, die dann dort die Kälte mindert: auch hier wirkt das Wasser ausgleichend, mildernd. Henderson fasst zusammen:

»Die hohe latente Verdampfungswärme [hat] dreifache Bedeutung: erstens bewirkt sie eine erhebliche Ausgleichung und Milderung der Temperatur auf der Erde; zweitens ermöglicht sie eine genaue Regulation der Körpertemperatur der lebenden Organismen; drittens fördert sie den meteorologischen Kreislauf.«²² Durch Vergleich des Wassers mit anderen Substanzen wie Ammoniak kommt er zu dem Schluss: »Nach allen diesen drei Richtungen hin ist ihre

Wirkung maximal, denn keine andere Substanz kann diesbezüglich mit Wasser verglichen werden.«²³

Eine weitere Besonderheit im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten, eine weitere Anomalie, die unterschiedliche Dichte des flüssigen und des festen Wassers nämlich, ist ebenfalls vielen bekannt. Weil das Eis eine geringere Dichte hat als kaltes flüssiges Wasser, schwimmt es auf dem Wasser und verhindert damit die vollständige Vereisung desselben. Eis hat eine schlechte Wärmeleitfähigkeit, deshalb schützt die oberflächliche Eisschicht ein Gewässer vor weiterer Vereisung. Andererseits ist das Eis, weil es oben liegt, auch rasch wieder aufgetaut, sobald sich nur einmal die Sonne zeigt. Das wäre anders, wäre Eis schwerer als Wasser. Dann nämlich würde es, sobald es sich gebildet hat, auf den Grund der Gewässer sinken und wäre nicht mehr direkt für die auftauende Wirkung der Sonnenstrahlen erreichbar. Eispakete würden sich auf dem Grund der Seen daher auch im Sommer erhalten, möglicherweise würden viele Gewässer ohnehin im Sommer nur ganz oberflächlich auftauen.²⁴ Sind Seen oder Meere hinreichend tief, dann frieren sie niemals bis zum Grund zu, was für die im Wasser lebenden Tiere und Pflanzen natürlich lebenswichtig ist. Diese finden damit auch im Winter stets Rückzugsmöglichkeiten.

Es gibt in der naturphilosophischen Literatur des 19. und frühen 20. Jahrhunderts einen Diskussionsstrang, in dem solche Gedanken für eine Art Gottesbeweis genutzt wurden: weil das Wasser so merkwürdig perfekt auf die Bedürfnisse des Lebens abgestimmt ist, liegt es nahe, dass es das Produkt von »intelligent design« ist, wie die moderne Bezeichnung lautet. Der Schluss von den Singularitäten und Anomalien des Wassers, die zusammen mit etlichen anderen Besonderheiten der Erde und der Sonne das Leben ermöglichen, auf einen weisen Schöpfer scheint sehr nahe zu liegen.

Der Chemiker William Prout (1785–1850), von dem übrigens die Hypothese stammt, dass alle Elemente aus ähnlichen Ursubstanzen zusammengesetzt sind – heute sprechen wir nach einem Vorschlag von ihm von Protonen – verfasste 1834 ein Werk zur »natürlichen Theologie«, in dem er zu zeigen gedenkt, dass »Design, or the adaptation of means to an end exists in nature.«²⁵ Prout ist es auch, der, wie mir scheint erstmals von der Anomalie des Wassers spricht, was sein Argument natürlich stärkt. Er weist darauf hin, dass Eis leichter ist als Wasser und schreibt: »The importance of this anomalous property of water is so great, that it is doubtful whether the present order of nature could have existed without it, even although everything else in the world had remained the same.«²⁶

Der Chemiker Lawrence Henderson säkularisierte diese Gedankenfigur, indem er nach der Eignung des Wassers für das Leben auf der Erde fragte. Henderson untersuchte nicht das gekochte und filtrierte Laborwasser, sondern unbehandelte Quellwasser. Er beginnt mit chemischem Alltagswissen: »Es gibt tatsächlich keine andere Substanz, welche als Lösungsmittel mit dem Wasser verglichen wer-

den könnte. Seine Leistungsfähigkeit in dieser Hinsicht ist so einzigartig und so auffallend, dass sich bis jetzt noch niemand die Mühe gegeben hat, Beweismaterial hierfür zu sammeln.«²⁷ Im Meerwasser findet man entsprechend eine enorme Vielfalt gelöster Stoffe, darunter bekanntlich sogar Gold. Besonders stark ist das Lösevermögen von Wasser dann, wenn es größere Mengen Kohlendioxid enthält. Daher sind die sogenannten Sprudelbrunnen, Quellen, die natürlich Kohlendioxid enthalten, immer besonders mineralreich und damit oft auch heilkräftig. Sie enthalten oft sogar Eisen und schmecken daher nicht selten metallisch wie Blut.

Es gibt auch keine zweite Flüssigkeit, stellt Henderson fest, die eine vergleichbar große Oberflächenspannung wie das Wasser hat. Sie ist Zeichen der starken Bindung, die die Wassermoleküle untereinander haben. Wir hatten darauf eingangs schon hingewiesen, dass das Wasser eine Art Haut besitzt, was zu dem Eindruck von Lebendigkeit beiträgt. Diese Haut, oder, wie der Naturwissenschaftler sagt, diese Oberflächenspannung hat eine enorme biologische Bedeutung. Nicht nur für die Wasserläufer und andere Tierchen, denen die Haut ermöglicht, über Wasseroberflächen zu spazieren. Sondern vor allem für die Pflanzen, die deshalb Wasser bis in die Höhen von Baumkronen transportieren können, ohne dass der Wasserfaden abreißt. Ergänzend zu Henderson wäre festzustellen: Bis zu 150 m hoch kann das Wasser aufgrund dieser ganz besonderen Bindung der einzelnen Wassermoleküle aneinander pumpen. Die derzeit höchsten Bäume sind Küsten-Mammutbäume in Kalifornien, die bis zu 110 m hoch sind.²⁸

Henderson, der übrigens ein früher Vertreter der Systemtheorie war und in Harvard auch den Soziologen und Systemtheoretiker Talcott Parsons (1902–1979) förderte, trug nicht nur zahlreiche bekannte Daten zusammen und verglich diese untereinander, um die Besonderheit, die Singularität des Wassers darzustellen. Er führte auch eigene empirische Untersuchungen durch, wobei ihm eine wichtige Entdeckung gelang. Diese Entdeckung verdankt sich seinem Prinzip, die Dinge, auch die Stoffe nicht isoliert, sondern stets systemisch, also im Zusammenhang zu deuten. So stellt er fest, dass das lebendige Wasser nicht nur als thermischer Puffer, nicht nur als mechanischer Puffer, der Stöße mindert, sondern auch als chemischer Puffer wirkt. In jedem konkreten Wasser unter freiem Himmel ist nämlich, so entdeckte er, ein chemisches System eingebaut, das starke Wirkungen abfängt und für weitgehend stabile Bedingungen sorgt. Es bindet Säuren ebenso wie Laugen, es ist also nicht nur zufällig neutral, sondern erhält seine Neutralität aktiv. Das destillierte Wasser des Labors hat dieses System nicht, es ist ihm durch das Destillieren ausgetrieben worden. Dieses Wasser schmeckt daher auch so wenig wie abgekochtes Wasser, es ist überdies bereits Ende des 19. Jahrhunderts festgestellt worden, dass reines, destilliertes Wasser gesundheitsschädlich ist, weil es den Geweben Salze entzieht und zu einer Quellung derselben führt. Harte Wässer, die viel kohlensauren

Kalk enthalten, schmecken allgemein besser als weiche, deren Pufferkapazität gering ist.²⁹

Das natürliche auf der Erde vorkommende Wasser hat ein solches Schutzsystem, es ist der Kohlendioxid-Bicarbonat Puffer. Kohlendioxid ist auf Erden überall vorhanden, es ist in der Luft als Spurengas enthalten, dessen Konzentration bekanntlich derzeit aufgrund der Verbrennung fossiler Energieträger jährlich steigt. Kohlendioxid ist aber nicht nur ein Hauptnahrungsmittel der Pflanzen, die aus ihm und aus Wasser ihre organische Substanz aufbauen, es ist nicht nur ein Treibhausgas, das neben dem Wasserdampf zur Regulation der Temperatur beiträgt, es löst sich auch in Wasser und bildet mit ihm und dem in Wasser gelösten Kalk ebenjenes Puffersystem.

Wie funktioniert das? Gibt man zu Leitungswasser einige Tropfen Essig, eine Säure also, dann ist der resultierende saure Geschmack viel weniger intensiv, als wenn man dasselbe mit destilliertem Wasser versucht. Das Leitungswasser enthält einerseits gelösten Kalk, andererseits Kohlendioxid, die die Säurewirkung abschwächen. Ähnlich auch umgekehrt: Gibt man eine Lauge hinzu, dann schmeckt das Leitungswasser deutlich weniger laugig als das destillierte. Es ist nun für Lebewesen ganz offensichtlich von größter Bedeutung, dass sie in einem Medium leben, das starke chemische Reize – und genau das sind Säuren und Laugen – abmildert. Wasser ist neutral, schmeckt weder sauer noch laugig. Henderson zeigte, dass Wasser eine *aktive* Neutralität hat, jedenfalls das natürliche Wasser, das Wasser unter freiem Himmel, weil es ein eingebautes System hat – das Puffersystem – das Stöße abfängt. Übrigens enthält auch Blut dieses System, ergänzt um andere Puffersysteme, wie Henderson ebenfalls herausgearbeitet hat.

Henderson, nach dem auch eine Gleichung benannt ist, mit der in der Chemie Gleichgewichte von Puffersystemen berechnet werden, feiert genau diese Eigenschaft des Wassers:

²⁰ von Woldeck 1988, S. 9.

²¹ Henderson 1914, S. 47.

²² Henderson 1914, S. 54.

²³ Henderson 1914, S. 54.

²⁴ Henderson 1914, S. 56.

²⁵ Prout 1834, S. XIII.

²⁶ Prout 1834, S. 248.

²⁷ Henderson 1914, S. 57.

²⁸ Böhlmann 2009, S. 162–164.

²⁹ Mit weiteren Nachweisen Fischer 1914, S. 56.



»Es gibt wohl, außer der Mechanik der Himmelskörper, keinen zweiten Fall von einer derartigen Genauigkeit in der natürlichen Regulation der Umgebung. Es hat bis jetzt auch noch kein Chemiker künstliche Mittel erfunden, durch welche eine so zweckmäßige und genaue Anordnung dieser Vorgänge annähernd erreicht werden könnte. Endlich sind die sauren und alkalischen Reaktionen so wesentliche Faktoren, dass sie in ihrem Einfluss auf viele chemische Prozesse sogar die Temperatur und die Konzentration der reagierenden Substanzen bei weitem übertreffen.«³⁰ Die komplizierte Chemie unseres Körpers wäre ohne die chemische Stabilität des ins Wasser eingebauten Puffers nicht möglich. Denn chemische Reaktionen hängen entscheidend davon ab, ob ein Medium chemisch neutral, oder ob es sauer bzw. basisch ist. Glukose zum Beispiel, der Hauptenergieträger bei den physiologischen Prozessen, ist schon in leicht alkalischen Umgebungen instabil.³¹

Die auffallend konstanten Verhältnisse, die das Wasser als Umwelt des Lebens bietet, seine Fähigkeit, Stöße aller Art zu bremsen, auszugleichen und zu mildern machen es geeignet, die hochkomplizierten Prozesse, die Leben erst ermöglichen, zu beherbergen. Für diese erstaunliche Konstanz gibt es ein Bild: den Ozean selbst. Henderson schreibt:

»Die auffallendste Eigenschaft des Ozeans ist seine Unveränderlichkeit. Er ist seit seinem Entstehen zweifellos kälter und salzhaltiger geworden und seine Reaktion hat sich aus einer schwach sauren in eine schwach alkalische verwandelt. Doch kommt für derartig langsame und umfassende Vorgänge eine Million Jahre kaum in Betracht, folglich konnte nie ein Lebewesen auch die geringste Veränderung in dieser Hinsicht verspüren.«³² Im Ozean bleibt, darauf weist Henderson hin, beinahe alles sich gleich: Temperatur, pH-Wert, Salzgehalt. Er ist im Sommer wie im Winter eine ganz konstante Umgebung.

Henderson zieht aus all dem auch ein Resümee:

»Die Regulation, welche in den modernen Laboratorien durch künstliche Mittel erreicht wird, kann mit der des Ozeans bei weitem nicht verglichen werden. [...] Das einzige, was den Ozean diesbezüglich übertrifft, ist der Körper eines höheren, warmblütigen Tieres.«³³

Auch wenn Henderson das Stichwort nicht verwendet, kann man seine Überlegungen als ökologisch bezeichnen, weil es darum geht, die Rolle des Wassers im Netzwerk des Lebens genauer zu verstehen, zu verstehen, welche Eigenarten es sind, die das Wasser geeignet machen, Umwelt der Lebewesen zu sein. Natürlich fragt er sich auch, ob es möglicherweise auch eine andere Flüssigkeit geben könnte, die das Wasser in dieser Rolle ersetzen könnte; einen ernsthaften Kandidaten findet er aber nicht. Und auch die Frage, ob bei anderen Eigenschaften des Wassers nicht einfach ein anderes Leben sich entwickelt hätte, beurteilt er eher skeptisch. Denn die biochemischen Vorgänge, auf denen das Leben aufruht, sind, so könnte man aus dem, was er schreibt folgern, so komplex, dass schon eine leichte Veränderung der Rahmenbedingungen nicht etwa bewirken würde, dass das gespielte Stück etwas anders und kürzer wäre, sondern dass die Vorstellung komplett ausfiele.

Und er bezieht sich bei allen seinen Überlegungen ausdrücklich auf das ökologische Wasser, das Wasser der Gewässer, der Quellen, der Bäche, der Flüsse und, in einem gesonderten Kapitel, auch auf das salzige Wasser des Meeres. Alle diese Wässer sind deutlich von der *aqua destillata*, dem Wasser der Retorten unterschieden, wie er hervorhebt. Und dies nicht in dem Sinne, dass das Wasser der Flüsse weniger rein wäre; nein, es erweist sich aufgrund seiner vermeintlichen Unreinheiten als Teil eines Systems, das Leben ermöglicht.

Die Unreinheiten, die es enthält, sind, wie Henderson nachweist, keine zufälligen Ansammlungen, sondern greifen organisch ineinander und haben eine Funktion, die für das Leben von enormer Bedeutung ist, weil sie Konstanz und Stabilität gewährleistet. Durch eben diese Unreinheiten kann das Wasser der schützende Mantel sein, der das Leben umhüllt, so dass es leben und sich entwickeln kann.

DIE BIOSPHÄRE

Die Tradition des Denkens in Zusammenhängen, die Tradition des ökologischen Denkens in der Chemie wurde auch von russischen Chemikern gefördert. Wladimir Iwanowitsch Vernadsky (1863–1945),³⁴ schrieb über die Vorlesungen des Chemikers Dimitrij Mendelejew, der das periodische System der Elemente entdeckte, Folgendes: »Der Vortragende wirkte auf uns mit seiner gesamten prächtigen Erscheinung. Er behandelte das chemische Element nicht als ein abstraktes, vom Kosmos getrenntes Objekt, sondern es

war für ihn ein untrennbarer Bestandteil einer großen Einheit, vom selben ›Fleisch und Blut‹ wie die Planeten und das Weltall.«³⁵

Vielleicht hat Vernadsky mit dieser Beschreibung aber auch eher sein eigenes Forschungsprogramm wiedergegeben. Vernadsky war so etwas wie der Humboldt der Chemie, weil er wie Humboldt das Ganze zum Thema seines Denkens machte, statt sich in Einzelheiten zu verlieren. Vernadsky prägte den Begriff der Biosphäre und meinte damit das globale Ökosystem als Ganzes.

Zwar hat er das Wort nicht selbst erfunden, sondern der österreichische Geologe Eduard Suess (1831–1914), der es in einem Buch über die Alpen auf der vorletzten Seite kurz erläuterte. Vernadsky aber füllte das Konzept mit Inhalt und gab der Forschung damit eine neue Richtung: Die Lebewesen, die Steine und die Atmosphäre sind durch umfassende chemische Prozesse miteinander verbunden. Über die Luft, aber auch durch Wasser und Steine, sind wir eng verbunden mit allen anderen Lebewesen auf der Erde, mit den jetzt lebenden ebenso wie mit den toten. Lebewesen und vermeintlich unbelebte Elemente stehen also in enger Beziehung zueinander. Dass der Boden, über den wir laufen, in der Regel ein Produkt von Lebewesen ist, können wir erkennen, sobald wir eine Handvoll Erde aufheben: Zahllose winzige Tiere wimmeln darin herum. Doch Vernadsky ging weiter: Auch die Steine seien vom Leben geschaffen, insbesondere der Kalkstein, den es ohne Lebewesen nicht oder jedenfalls nicht in so großen Massen auf der Erde gäbe.

Während es zu seiner Zeit üblich war, sich die Erde als anorganischen Block vorzustellen, der sich dann, man weiß nicht wie, das Leben wie eine Blume ins Knopfloch steckt, nimmt Vernadsky an, dass das Leben von Beginn an die Oberfläche des Planeten verändert hat.

Er spannte so eine Brücke zwischen getrennten Disziplinen, zwischen der Geologie, der Chemie, der Biologie und der Anthropologie; das von ihm geschaffene Forschungsfeld wird heute meist als Biogeochemie bezeichnet. Es könnte ebenso gut Geochemobiologie heißen oder Biochemoanthropologie, weil Vernadsky auch den Menschen in sein Konzept einbezog.

Die Idee, dass das Leben viel stärker mit den vermeintlich unbelebten Elementen Erde, Wasser und Luft zusammenhängt, als bisher angenommen wurde, ist ein entferntes Erbe der Stoiker. Vernadsky hat die alte Idee so erneuert, dass sich daraus konkrete chemische Forschungsfragen ergaben. Für ihn war die Welt lebendig organisiert, kein toter Mechanismus. Als Beispiel diente ihm das Wasser, wobei er sich vor allem auf Henderson bezieht.³⁶ Er betont, dass es ihm um das natürliche Wasser (*eau naturelle*,³⁷ gehe, das »reich ist an aktiven chemischen Zentren«,³⁸ das durch Sauerstoff und Kohlensäure, die in ihm gelöst sind, modifiziert ist. In der Biosphäre, so schreibt er, könne das Wasser nicht vom Leben getrennt werden und das Leben nicht vom Wasser. »Es ist schwierig zu entscheiden, wo der Einfluss des Wassers endet und wo der Einfluss der lebenden Materie beginnt.«³⁹ Neben dem Wasser untersucht Vernadsky

auch die Luft, und ähnlich wie Henderson für das Wasser, belegt Vernadsky für die Luft, dass diese keineswegs eine Zusammenwürfelung von Elementen ist, kein Gemisch. Luft ist vielmehr ein Gebraü, welches das weltweite Leben im Laufe seiner Evolution hervorgebracht hat und jeden Tag und jede Nacht neu zusammenbraut, und zwar in immer gleichbleibender Qualität. Die Luft, an der von der winzigsten Alge bis zum größten Elefanten alle Lebewesen mitwirken, ist die Summe aller Atemzüge und nicht ein anorganisches Gemisch. Sie ist, so sieht es Vernadsky, das Vermächtnis früherer Lebewesen und in ihrer Zusammensetzung einzigartig. Die Luft erhält das Leben, weil das Leben selbst sie hervorbringt.

DER OZEAN ALS ORGAN IM DENKEN DES CHEMIKERS JAMES LOVELOCK

Parallelen zwischen vermeintlich unbelebten Substanzen und Lebewesen, die letztlich eine Wiederaufnahme einer stoischen Gedankenfigur sind, wurden in den 1980er Jahren dann von einem anderen Chemiker populär gemacht: von James Lovelock (*1919), der die These verkündet, dass die Erde als Ganzes ein Lebewesen ist. Dies ist der Kern seiner Gaia-Theorie. Ähnlich wie die Stoiker denkt Lovelock die Erde in kosmischer Perspektive:

»Der Beginn der Gaia-Hypothese war der Blick vom Weltraum aus auf unsere Erde, der den Planeten als Ganzes, aber nicht im Detail zeigte. Die Ökologie dagegen wurzelt in der natürlichen erdnahen Geschichte und der detaillierten Untersuchung von Lebensräumen und Ökosystemen, ohne das Gesamtbild im Auge zu behalten. Der eine sieht die Bäume vor lauter Wald nicht, der andere den Wald vor lauter Bäumen nicht.«⁴⁰ Ähnlich wie die Stoiker, die den Kosmos für das klügste Lebewesen hielten, spricht auch Lovelock Gaia Intel-

³⁰ Henderson 1914, S. 80.

³¹ Henderson 1914, S. 83.

³² Henderson 1914, S. 86.

³³ Henderson 1914, S. 98.

³⁴ Sein Name wird unter anderem auch Vernadskij, Wernadski, Wernadsky oder Wernadskij geschrieben.

³⁵ Vernadsky 1930, S. 289 (Anm. 31).

³⁶ Vernadsky 1930, S. 102.

³⁷ Vernadsky 1929, S. 29 (§ 20).

³⁸ Vernadsky 1929, S. 30 (§ 20).

³⁹ Vernadsky 1929, S. 194 (§ 156).

⁴⁰ Lovelock 1984, S. 180.

aufgrund seines Puffersystems geeignet ist, Leben zu bergen. Vernadsky war schon, in Bezug auf die Luft, einen Schritt weitergegangen und hatte postuliert, die Luft sei ein Produkt des Lebens, womit er ihren Sauerstoffgehalt meinte. Lovelock nun ist der Überzeugung, dass Luft und Wasser auf Erden in ihrer jeweiligen Zusammensetzung, in ihrer stofflichen Feinstruktur, nicht nur ein vielleicht bloß zufälliges (Neben-)Produkt des Lebens sind, sondern geradezu ein Konstrukt, wie analog auch das Blut nicht nur ein Produkt des Körpers, sondern dessen Konstrukt ist, ein Gebilde, das sich der Körper schafft, um leben zu können. Damit rückt Lovelock ganz nahe an die Naturphilosophie der Stoa, ohne dass man wüsste, ob er sie rezipiert hat.

Man hat Lovelocks Gaia-Theorie gegen den Vorwurf, hier werde unwissenschaftliche Mystik betrieben, wirksam verteidigt. Die Mikrobiologin Lynn Margulis, die an der Ausarbeitung der Gaia-Theorie mitgearbeitet hat,⁴⁷ erklärt, Gaia sei »keine unscharfe, malerische Vorstellung von einer Mutter Erde, die uns ernährt.«⁴⁸ Vielmehr gehe es darum, dass sich die Oberfläche unseres Planeten »in ganz bestimmter, eingeschränkter Hinsicht wie ein physiologisches System«⁴⁹ verhalte: »Zu diesen physiologisch regulierten Elementen gehören die Temperatur, die Zusammensetzung der reaktionsfähigen Gase in der Atmosphäre einschließlich des Sauerstoffs und der pH-Wert, das heißt das Gleichgewicht von Säuren und Basen.«⁵⁰ Dazu braucht Gaia kein Bewusstsein. Gaia ist für Margulis »das verwobene Geflecht alles Lebendigen«⁵¹ oder auch »Symbiose vom Welt-raum aus gesehen«.⁵²

Lovelock schafft mit seiner auch in der Naturwissenschaft sehr einflussreichen Gaia-Theorie eine umfassende Lehre, die den innigen Zusammenhang alles Lebendigen nicht nur in der Zeit, als Evolution, sondern auch im Raum, als Biosphäre bzw. als Gaia zeigt. So weit ist die Übereinstimmung zwischen dieser als Naturwissenschaft daher kommenden Theorie und der hellenistischen Naturphilosophie, dass Lovelock bestimmte Zonen als lebenswichtige Organe für Gaia auszeichnet, ein Gedanke, der uns ähnlich auch in der Stoa begegnet.⁵³

Übrigens gehen die Parallelen zwischen dem Weltbild, das Lovelock entwirft und dem des Stoikers Poseidonios sogar ins Persönliche, denn auch Lovelock betont, wie wichtig es sei, »hinaus(zu) gehen und Schiffsreisen [zu] unternehmen oder abgelegene Orte auf[zu]suchen, um die Eigenschaften der Atmosphäre und der Ozeane und ihre Wechselwirkung mit der Biosphäre zu untersuchen.«⁵⁴ Genau die Bereitschaft zu Reisen war es auch, was der wohl berühmteste Poseidoniosforscher, Karl Reinhardt, an dem Philosophen außerordentlich fand.⁵⁵

lizenzen zu, weil sich das Erdsystem intelligent verhalte.⁴¹ Möglicherweise, so fragt er, »[b]ilden wir als Art ein Gaiasches Nervensystem mit einem Gehirn, das bewußt Umweltveränderungen voraussehen kann.«⁴² In jedem Fall aber sei es die wichtigste Eigenschaft Gaias, »die Bedingungen für das irdische Leben zu optimieren.«⁴³

Immer wieder, und zwar sowohl am Wasser wie auch an der Luft, zeigt Lovelock, dass diese beiden Grundvoraussetzungen allen Lebens in ihrer Zusammensetzung keineswegs selbstverständlich sind. Würden die normalen thermochemischen Gesetze walten, so zeigt er immer wieder, dann wäre in der Luft gar kein Sauerstoff und im Ozean die zehnfache Menge Salz anzutreffen.⁴⁴ Selbst eine sehr kleine Änderung etwa des Sauerstoffgehaltes der Luft, so zeigt Lovelock, hätte einschneidende Wirkungen: Läge dieser statt bei derzeit 21 Prozent bei 25 Prozent, dann wäre der (in der Stoa übrigens als Ekpyrosis bezeichnete) Weltbrand die notwendige Folge, denn bei diesem Sauerstoffgehalt brennt auch feuchte Vegetation weiter, so dass ein Feuer, einmal entzündet, nicht mehr zu stoppen wäre.

Lovelock fragt, »ob die Erdatmosphäre mehr eine biologische Einheit als nur eine bloße Ansammlung von Gasen darstellt.«⁴⁵ Biologische Einheit – das ist teleologisch gedacht, es handelt sich um eine funktionale Einheit. Lovelock glaubt, dass die sehr spezifische Zusammensetzung der Elemente, ähnlich wie auch das Blut im Kreislauf, Resultat übergreifender Steuerungsprozesse, aktiver Kontrolle⁴⁶ ist und diese Steuerung geht eben von der Biosphäre selbst aus. Dies ist der Kern der Gaia-Theorie, und darin geht er über Henderson wie auch über Vernadsky, denen er mehr verdankt, als er zu geben möchte, hinaus. Henderson hatte festgestellt, dass das Wasser

AUSBLICK

Die Lebendigkeit des Wassers, die wir erleben können, korrespondiert mit der durch die moderne Naturwissenschaft festgestellten Eignung des Wassers, Wohnstätte des Lebens zu sein. Das Wasser mag nicht lebendig in dem Sinne sein, dass es sich vermehrt, altert und stirbt, aber es ist integraler Teil des gesamten Lebensprozesses. Deshalb ist das ökologische Wasser, das Wasser auf Erden auch ein anderes Wasser als das Wasser der Labore. Seine Unreinheit, die den Chemiker vielleicht stört, ist biologisch sinnvoll, ohne diese könnte es das Leben nicht tragen. Anders gesagt, laborchemisch mag das Wasser der Flüsse, der Seen oder des Meeres vielleicht ein Gemisch sein, biologisch ist es eine Einheit, die nicht anders sein dürfte, wenn sie taugen soll als Medium des Lebens.

Wir können dies nicht nur mit unseren hochgezüchteten chemischen Methoden verstehen, wir spüren es auch, wenn wir uns vom Wasser erfrischen lassen und insbesondere, wenn wir es trinken. Denn das unserem Körper zuträgliche Wasser erkennen wir an seinem erfrischenden, belebenden Geschmack. Dieser Geschmack wird fade, wenn das Wasser etwa abgekocht wird, auch wenn es bei dieser Prozedur chemisch gesehen reiner, gewissermaßen also besser wird. Der Kohlensäure-Karbonat-Puffer, der dem Quellwasser noch inne ist, wird beim Kochen ausgetrieben, wovon die schon vor dem eigentlichen Kochen auftauchenden Gasbläschen ebenso zeugen wie der ausfallende Kalk, der sogenannte Kesselstein. Auch das chemisch ganz reine destillierte Wasser ist zwar laborchemisch besseres Wasser, aber biologisch schlechteres, es ist geschmacklich trübe und fad, wir spüren sofort, dass etwas mit ihm nicht in Ordnung ist.

Überhaupt ist es vorschnell, die hochentwickelten Lebewesen als einzig sinnvollen Maßstab für das heranzuziehen, was wir Leben nennen wollen. Das Leben ist, worauf der Chemiker Bernal hinwies, älter als die Lebewesen.⁵⁶ Das Leben ist deshalb auch mehr als die Summe der Lebewesen, es reicht über die Lebewesen hinaus und umfasst auch die alten Elemente Wasser, Erde und Luft sowie Energie, Sonnenlicht, das als Sinnbild für das Element Feuer angesehen werden kann.

Wasser ist im Lebensprozess Mittler, Dämpfer und Ausgleicher. Es sind abstrakte Kennzeichnungen, die dennoch unsere Faszination für das Wasser zweifellos vertiefen und unseren Respekt für es vergrößern könnten. Da wir vor dem Lebendigen mehr Respekt haben als vor dem Toten – Albert Schweitzer sprach von der Ehrfurcht vor dem Leben⁵⁷ – ist die naturwissenschaftliche Vertiefung der stoischen Spekulation, die wir den Chemikern Henderson, Vernadsky und Lovelock verdanken, von Bedeutung, denn sie zeigt, dass unsere Umwelt auch da, wo sie vermeintlich nicht lebendig ist, eben doch mit dem Leben zusammenhängt. Die sogenannten Elemente Wasser und Luft sind vielleicht nicht Elemente in dem Sinne, dass sie nicht weiter zerlegbar sind, aber sie sind eben doch bis in

ihre Feinstruktur biologische Einheiten, keine zufällig aufgehäuften Gemische, sondern Gebilde, Gebräue, die das Leben schafft, um sein Zusammenleben zu ermöglichen.

Für den konkreten Umgang mit dem Wasser oder mit der Luft haben sie ebenfalls einen nicht unerheblichen Nutzen, und James Lovelock hat auch aus seiner Gaia-Theorie umweltpolitische Schlüsse gezogen, die jedoch meist globale Umweltthemen adressieren; insbesondere warnt er vor dem steigenden CO₂-Gehalt der Luft, der eine Folge der Verbrennung fossiler Energieträger ist. Dieser ist, worauf Klimaforscher immer wieder hinweisen, auch für das Wasser relevant. Denn weil Kohlendioxid in Wasser bei der derzeit herrschenden Durchschnittstemperatur in genau gleichem Maße löslich ist wie in der Luft, eine weitere Anomalie des Wassers übrigens, deren biologische Bedeutung schon Henderson bemerkte, führt ein steigender CO₂-Gehalt in der Luft auch zu einem steigenden CO₂-Gehalt der Ozeane. Und das wiederum kann viele unerwünschte biologische Folgen haben, so ist denkbar, dass Meeresorganismen in einer saureren Umgebung ihre Kalkskelette nicht mehr ausbilden können.

Auch für lokale Umweltpolitik des Wassers sind die Einsichten von Nutzen, weil sie die Bedeutung auch vermeintlich vernachlässigbarer Komponenten des Wassers belegen. Man darf andererseits von einer umfassenden Theorie wie der Gaia-Theorie auch nicht zu viel erwarten.

Sie ermöglicht zwar neue Einsichten gerade auch in übergreifende Zusammenhänge, andererseits aber blendet sie notwendigerweise – wie jede Theorie – viele Aspekte aus, darunter auch solche, die für den konkreten Umgang mit Gewässern von erheblicher Bedeutung sind. Fragen, die sich mit der ganz konkreten Eignung des Wassers als gute Umwelt für Lebewesen befassen, müssen es zwar auch chemisch charakterisieren, doch gehen sie über Chemie und Physik hinaus und führen in den Forschungsbereich der Ökologie und Hydrobiologie. Als Chemiker fragen Henderson, Vernadsky und Lovelock vor allem nach der stofflichen Zusammensetzung. Doch auch die räumliche Feinstruktur des Wassers ist von Bedeutung. Man weiß etwa, dass die Einführung von einfachen räumlichen Strukturen, von Differenzierungen dazu beiträgt, dass mehr Lebewesen im Wasser ein geeignetes Zuhause finden können. Ein Aquarium, dessen Wasser konstant gemischt wird, kann, auch wenn es genügend Nährstoffe enthält und genügend Sauerstoff, nur eine sehr kleine Artenvielfalt von Mikroorganismen beherbergen, die dann allerdings in großen Populationen vorkommen mögen. Schon dann, wenn man ein paar Strohhalme einführt, und damit Heterogenität, steigt die Artenvielfalt enorm.⁵⁸ Im Großen ist das nicht anders, weshalb es ein wichtiges Ziel modernen Gewässernaturschutzes ist, etwa durch Einbringen von Totholz oder durch Neugestaltung von Ufern wieder mehr Vielfalt in unsere sehr homogen gewordenen Gewässer einzubringen. Auch am Lech wird das versucht.

41 Lovelock 1984, S. 208.

42 Lovelock 1984, S. 209.

43 Lovelock 1984, S. 181.

44 Lovelock 1984, S. 59.

45 Lovelock 1984, S. 102.

46 Lovelock 1984, S. 120.

47 Berz 2017, VI–VIII.

48 Margulis 2017, S. 162.

49 Margulis 2017, S. 162.

50 Margulis 2017, S. 162.

51 Margulis 2017, S. 166.

52 Margulis 2017, S. 8.

53 Lovelock 1984, S. 181.

54 Lovelock 1984, S. 194.

55 Reinhardt 1921, S. 3.

56 Zitiert nach Roka 1955, S. 15.

57 Schweizer 2013, S. 13–58.

58 Klopfer 1969, S. 4ff.