



Vollrath Hopp

Wasser und Energie

Ihre zukünftigen Krisen?

2. Auflage



Springer Spektrum

Wasser und Energie



Der Autor Professor Dr.-Ing. Vollrath Hopp studierte an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg Chemie und war danach jahrzehntelang in der chemischen Industrie tätig, in der ersten Phase als Betriebschemiker und später als Ausbildungsleiter 25 Jahre in einem Chemiekonzern.

Während dieser Zeit führten ihn viele Dienstreisen ins nahe und ferne Ausland, um dort Ausbildungszentren für Laboranten und Facharbeiter mit gründen zu helfen, z. B. in die rohstoffreichen nordafrikanischen Länder, Indien, Indonesien, Burma, Thailand, China, USA, Canada und andere.

Von der Tonji-Universität/Shanghai in der Volksrepublik China wurde er zum Beratenden Professor berufen. An der TU Darmstadt und der Fachhochschule Darmstadt nahm er Lehraufträge für Technische Chemie und Verbundwirtschaft wahr.

Von der DECHEMA wurde ihm die ACHEMA-Plakette in Titan verliehen.

Nach der Vereinigung Deutschlands 1989/1990 lehrte er von 1991 bis 2004 als Professor an der Universität Rostock Technische Chemie und wurde zum Abschluss zum Ehrenmitglied der Universität ernannt.

In mehreren chemischen Fachbüchern formulierte er die Grundlagen der chemischen Technologie aus der Sicht der chemischen Industrie. Seine Erfahrungen aus der Lehre und Ausbildung fasste er 2014 in einer 208 seitigen Broschüre „Es beginnt immer mit Worten“ zusammen. Sie ist im Hille-Verlag Dresden erschienen.

Zurzeit ist Prof. Hopp Obmann der Fachgruppe Umwelttechnik des Verein Deutscher Ingenieure VDI im Bezirk Frankfurt-Darmstadt.

Vollrath Hopp

Wasser und Energie

Ihre zukünftigen Krisen?

2., Auflage

Vollrath Hopp
Dreieich
Deutschland

ISBN 978-3-662-48088-5 ISBN 978-3-662-48089-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-48089-2

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Dr. Rainer Münz

Umschlagabbildung: ©deblík Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

*Wasser ist Leben,
Wasser ist die Seele,
Wasser spendet Leben und
alles hängt vom Wasser ab.
Aman Iman, Tuareg (Die Tuareg sind eine
Volksgruppe im Hoggar-Massiv der südlichen
Sahara Algeriens)*

Geleitwort

„Nichts in der Welt ist weicher und schwächer denn das Wasser, und nichts, was Hartes und Starkes angreift, vermag es zu übertreffen. Es hat nichts, wodurch es zu ersetzen wäre. Schwaches überwindet das Starke.“ Mit diesen Worten beschrieb Lao Tse die ambivalente Bedeutung des Wassers für den Menschen. Als Fluss trennt es die Ufer voneinander und verbindet sie gleichzeitig als energie günstiger Verkehrsweg. Wasser wird zum Speichern und Umwandeln von potenzieller Energie z. B. in Wärme oder Bewegungsenergie eingesetzt. Es kann aber auch zerstörerische Kräfte entwickeln, wie die Bilder von Überschwemmungskatastrophen zeigen. Dagegen war die jährliche Nilüberschwemmung lebensnotwendig für die Landwirtschaft der Ägypter.

Neben den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers rücken heute immer mehr auch soziale und politische Aspekte ins Blickfeld aufgrund des regional sehr unterschiedlichen Zugangs zu Frischwasser in guter Qualität. Kofi Annan weist im Millennium Report darauf hin, dass keine einzige Maßnahme in den Entwicklungs- und Schwellenländern so viel dazu beitragen kann, Krankheiten zu verhindern und Leben zu retten, wie der Zugang zu sauberem Wasser und adäquate sanitäre Zustände.

Die Nahrungsmittelversorgung hängt unmittelbar von einem ausreichenden Wasserangebot ab. Obwohl die Erdoberfläche zu 70% mit Wasser bedeckt ist, gibt es in vielen Regionen gravierenden Wassermangel. Menschen, Tiere und Pflanzen brauchen, von einigen Ausnahmen abgesehen, zum Überleben Süßwasser. Auch die Industrie benötigt es, z. B. zur Kühlung, für chemische Reaktionen oder als Lösemittel. Doch nur 2,65% des gesamten Wasservorrats bestehen aus Süßwasser, das dazu noch sehr ungleichmäßig über die Regionen verteilt ist. Mit zunehmender Weltbevölkerung, ihrer Urbanisierung und Industrialisierung hat sich der Wassermangel in vielen Ländern noch verschärft. Schon jetzt muss bereits ein Fünftel der Weltbevölkerung mit weniger als 500 m³ Wasser pro Kopf im Jahr auskommen; bis 2025 soll schon ein Viertel betroffen sein. Eine wesentliche Herausforderung in naher Zukunft ist deshalb die Bereitstellung von Technologien, mit denen sich die Menge des brauchbaren Wassers erhöhen lässt – entweder durch die vermehrte Gewinnung von sauberem Süßwasser aus Meerwasser oder durch die Aufbereitung von benutztem oder verunreinigtem Wasser.

Das vorliegende Buch beschreibt die vielfältigen Eigenschaften des Wassers, seine Bedeutung im Alltag und die damit verbundenen sozialen und politischen Auswirkungen. Es macht deutlich, dass Wasser ein hochaktuelles Thema ist, das uns alle betrifft.

Vorsitzender des Aufsichtsrates der
Deutschen Bahn

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c.
Utz-Hellmuth Felcht

Vorwort

Wasser (Feuchtigkeit) zählte neben Feuer (Hitze), Erde (Trockenheit) und Luft (Kälte) bei Empedokles von Agrigent¹ zu den vier unveränderlichen Elementen.

Aristoteles² sprach schon von der Umwandelbarkeit dieser Elemente ineinander.

Wasser ist der am häufigsten vorkommende Stoff auf unserer Erde. Jedem Menschen ist Wasser ein Begriff. Es gibt genug Wasser, ca. 70 % der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt. Trotzdem beginnt für den Menschen das notwendige Gebrauchswasser, nämlich *Süßwasser*, knapp zu werden. Das sorglose Umgehen mit diesem Schlüsselprodukt hat dazu geführt. Chemisch wird Wasser mit einer einfachen Formel H-OH bzw. H₂O bezeichnet. So lernt man es in der Schule und bekommt den Eindruck, als handelt es sich bei Wasser um einen einfachen und unkomplizierten Stoff.

Doch dieser Stoff ist voller Rätsel. Beim Gefrieren sprengt er Felsen und Gebirgszüge, deren Bestandteile er in sich löst oder suspendiert und zu Tal transportiert. Wasser leitet die Verwitterung von Gesteinen und Böden ein. Im wahrsten Sinne des Wortes versetzt Wasser Berge, indem die gelösten und suspendierten Teilchen sich wieder absetzen und Landschichten in entfernten Gegenden durch Ablagerungen (Sedimente)³ aufbauen.

Wasser dehnt sich beim Erkalten und Gefrieren unterhalb 4 °C aus und oberhalb 4 °C ebenfalls wieder. Diese Eigenschaft bezeichnet man als *Anomalie*⁴. Sie ist die Ursache dafür, dass Eis auf Wasser schwimmt (vgl. Kap. 3) und lebende Organismen auch unter den gefrorenen Oberflächen der Flüsse, Seen und Ozeane überleben können.

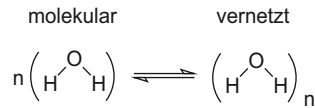
Welche Strukturveränderungen sich im Molekülverbund im Einzelnen abspielen, ist bis heute wissenschaftlich noch nicht eindeutig geklärt. Wasser als eine vernetzte Substanz zu betrachten, die zu unterschiedlichen Strukturveränderungen fähig ist, ist nahe liegend.

¹ Empedokles, gr. Philosoph (490–430 v. Chr.).

² Aristoteles, gr. Philosoph (384–322 v. Chr.).

³ sedimentum (lat.) – sich gesetzt.

⁴ anomalos (gr.) – regelwidrig.



Wasserdampf schützt die unmittelbare Erdoberfläche vor der energiereichen Sonnenstrahlung. Er wandelt die kurzwelligen Strahlen in langwellige Wärmeenergie um, die in die Atmosphäre nicht mehr rückgestrahlt werden und so zu einem lebensfördernden Klima auf der Erde beitragen.

Es ist die rechte Zeit, Fachkreise und eine allgemein interessierte Leserschaft mit der Problematik Wasser vertraut zu machen.

Der Inhalt, Stil und die Gliederung sind als fachübergreifendes Lehrbuch gestaltet. Im Glossar sind viele Fachausdrücke erklärt und aus der griechischen oder lateinischen Sprache hergeleitet.

Dieses Buch richtet sich an Personen aus den verschiedenen, aber doch benachbarten Fachrichtungen und Arbeitsfeldern, wie z. B. Wasser- und Energieversorgung, Transport auf dem Wasser, Landwirtschaft im weitesten Sinne, Ernährung, Chemische Industrie, Umweltschutz u. a. Es sollen sich Ingenieure, Landwirte, Tierärzte, Gärtner, Ernährungswissenschaftler, Biologen, Chemiker und nicht zuletzt eine interessierte Leserschaft aus Privathaushalten angesprochen fühlen. Aber auch an Experten der entsprechenden Behörden und Forschungsinstitute sowie Parlamentarier wendet sich dieses Buch. Ein weiterer Adressatenkreis sind Studenten der Hochschulen der genannten Fachrichtungen sowie die naturwissenschaftlichen Lehrer der Gymnasien und Oberschulen.

Danksagung

Die komplexe Schlüsselsubstanz *Wasser* im Einzelnen zu beschreiben, ist ohne die Hilfe von wissenschaftlichen Experten, Freunden und Firmen nicht möglich.

Bedanken möchte ich mich bei den Damen und Herren

- Prof. Dr. Hans Brunnhöfer, Fachhochschule Gießen, 35390 Gießen
- Dr. Klaus Erle-Dörner, RWE, Aktiengesellschaft, Opernplatz 1, 45128 Essen
- Dr. med. Michael Friedrich, 19230 Hagenow in Mecklenburg, für die Beratung in medizinischen und ernährungsphysiologischen Gebieten
- Prof. Dr. rer. nat. Christian Gienapp, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 18276 Gülzow
- Professor Dr. med. Dr. med. habil. Dipl.-Ing. René Gottschalk, Weltgesundheitsorganisation (WHO), Mitglied der Expertengruppe der Weltgesundheitsorganisation für die International Health Regulations (IHR Roster of Experts; Aviation and Maritime Issues)
- Dipl.-Ing. Hans Haas und Dr. Werner Braitsch, E.ON Wasserkraft GmbH, 84034 Landshut
- Dr. Wolfgang Hartmann, Merck KGaA, 64271 Darmstadt
- Dipl.-Ing. Erhard Heil, ehemals Hoechst AG, 61462 Königstein-Mammolshain
- Dipl.-Ing. Wolf-Ingo Hockarth, Kraftwerks- und Netzgesellschaft mbH, Am Kühlturm, 18147 Rostock
- Tanja Markloff, CREDIT AGRICOLE INDOSUEZ CHEUVREUX DEUTSCHLAND GmbH, Messe-Turm, Friedrich-Ebert-Anlage 49, 60308 Frankfurt am Main
- Bernhard Rinke, Wassermeister, Stadtwerke Dreieich, 63303 Dreieich
- Dr. Christian Schlimm, Director Senior Analyst – European Chemicals & Paper RCM, Allianz Global Investors KGmbH, 60329 Frankfurt am Main
- Dr. Joachim Wasel-Nielen, Wasserversorgung Infracore GmbH & Co. Höchst KG, 65926 Frankfurt am Main
- Marlene Weber, 65795 Hattersheim-Okriftel, für die computertechnische Textverarbeitung und die Anfertigung von Zeichnungen

Einführung

Auf dem Planeten Erde entwickelte sich vor ca. 3,5 bis 4 Mrd. Jahren im Schutze des Wassers Leben. Ohne Wasser ist auch heute kein Leben möglich. *Wüste* oder besser ausgedrückt *Pflanzenleere* wäre das Kennzeichen der Erdoberfläche ohne Wasser. Im Weltall ist Wasser flüchtig wie ein Gas oder fest wie Eis, nur auf dem Planeten Erde nimmt es den Ausnahmezustand flüssig an und bietet die Voraussetzungen für das vielfältige Leben. Es ist das Lebenselement! [241] Der Wasserhaushalt des gesamten Weltalls wird auf 10.000 Mrd. Sonnenmassen geschätzt. 1 Sonnenmasse entspricht $1,98 \times 10^{27}$ t, das ist das 333.000-Fache der Erdmasse [130]. Im übertragenen Sinne befindet sich von diesem Vorrat nur ein Tropfen auf der Erde.

Die entwicklungsgeschichtlich ältesten Landwirbeltiere, wie Amphibien⁵, Reptilien⁶ und Vögel, sind immer noch darauf angewiesen, die erste Phase ihrer Lebenszyklen ganz im Wasser, wie z. B. die Amphibien oder wie bei den Reptilien und Vögeln im Ei als Kleinaquarium⁷, zu verbringen. Auch die ausgewachsenen Individuen dieser Tierarten müssen wie alle anderen Landtiere einschließlich des Menschen ihr eigenes wässriges Medium mit sich herumtragen und aufrechterhalten. Das geschieht durch den Blut- und Lymphkreislauf (Abb. 2.17). Der durch Atmung, Schwitzen und andere Körperausscheidungen auftretende Wasserverlust muss durch Süßwasseraufnahme wieder ergänzt werden. Der überwiegende Teil der Landlebewesen befriedigt seinen Wasserbedarf aus Flüssen, Teichen, Süßwasserseen und dem Grundwasser (Tab. 8.21, Abb. 8.97 und 8.98).

Unter normalen Lebensbedingungen in den gemäßigten Zonen benötigt der Mensch täglich ca. 2,6 L Wasser, in heißen Wüstengegenden oder in Regionen der trockenen Arktis steigt diese Menge auf 8 bis 15 L täglich an [72].

Pflanzen sind ortsgebunden und haben die effektivste Form der Wasseraufnahme entwickelt. Sie sind mit ihrem weitverzweigten Wurzelnetz in der Lage, die winzigsten

⁵ *amphi* (gr.) – doppel-, beid-, *bie*=*bio* (gr.) – Leben. Amphibie – im Wasser und auf dem Land lebendes Tier, z. B. Lurche.

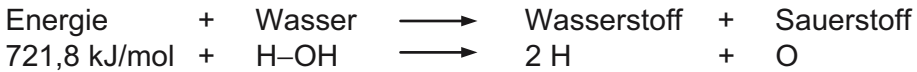
⁶ *reper* (lat.) – kriechen; Reptil – Kriechtier.

⁷ *aqua* (lat.) – Wasser, Aquarium – Behälter für Wassertiere.

Wasserkonzentrationen aus dem Boden zu saugen, in ihrem Gefäßsystem zu sammeln und zu speichern.

Für das Gedeihen tierischen Lebens liefern die Pflanzen die Voraussetzung. Sie vermögen über die Fotosynthese aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft und dem Wasser mithilfe der Sonnenenergie Biostoffe wie Kohlenhydrate, Fette, Eiweiß, Vitamine u. a. für Mensch und Tier notwendige Stoffe aufzubauen (Abb. 3.41). Wasser ist eine sehr stabile chemische Verbindung.

Viel Energie muss aufgebracht werden, um die Verbindung H-OH in ihre Elemente (atomar) Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen (Abb. 3.22):



Im großen Maßstab bei Normaltemperaturen ist dazu nur die Sonnenenergie fähig (Kap. 3, Abschn. „Wasser und Sonnenenergie, Fotosynthese“). Der frei werdende Wasserstoff reduziert im Blattgrün der Pflanzen oder auch in den Algen Kohlenstoffdioxid zu Zuckern und deren Polymeren wie Stärke, Zellulose u. a. Der aus dem Wasser stammende Sauerstoff reichert sich in der Atmosphäre als Gas mit 21 % Volumenanteilen an und bestimmt die oxidative Biosphäre unseres Planeten.

Während Kohlenstoffdioxid und Sonnenenergie rund um die Erde überall anzutreffen sind, ist das Wasser auf dem Festland ungleich verteilt. Wasser ist somit der begrenzende Faktor für die Entwicklung von Pflanzen und im besonderen Fall auch für das Betreiben von Landwirtschaft.

Ebenfalls wird das Klima über die Umwandlung von *Eis – Wasser – Wasserdampf* und umgekehrt wesentlich beeinflusst und reguliert (Abb. 3.21).

Der natürliche Wasserkreislauf sorgt für eine ständige Erneuerung des Süßwassers. Wasser ist ein großer Wärmespeicher und Energieumwandler [157].

Mithilfe von Wasserströmungen wird Bewegungsenergie über Wasserräder und Turbinen in elektrische Energie umgesetzt (vgl. Kap. 7).

Obwohl es genügend Wasser gibt und es auch nicht verbraucht, sondern nur gebraucht wird, beginnt insbesondere Süßwasser für den menschlichen Bedarf knapp zu werden [215]. Ungleiche Verteilung über die Festlandregionen (Abb. 13.148), zunehmende Bevölkerungsverdichtung und der sorglose und unachtsame Umgang mit dem Süßwasser sind die Ursachen (Abb. 5.52 und 5.53). In Zukunft werden in zunehmendem Maße Wasserpipelines in der Welt gebaut werden, deren Länge und Ausdehnung die der Erdöl- und Erdgaspipelines übersteigen werden (Abb. 13.145, 13.146, 13.147 und 13.148).

Wasser und Energie sind unmittelbar aneinandergelockt und müssen auch unter diesem Gesichtspunkt zusammen betrachtet werden.

Die Kraftwerke auf der Basis von Kohle, Erdöl, Erdgas und auch Kernenergie unseres technischen Zeitalters sind ein Beleg dafür. Ohne Wasser lässt sich keine Wärmeenergie über Fernleitungen transportieren; wenn man von den Gasturbinen absieht, ist auch die

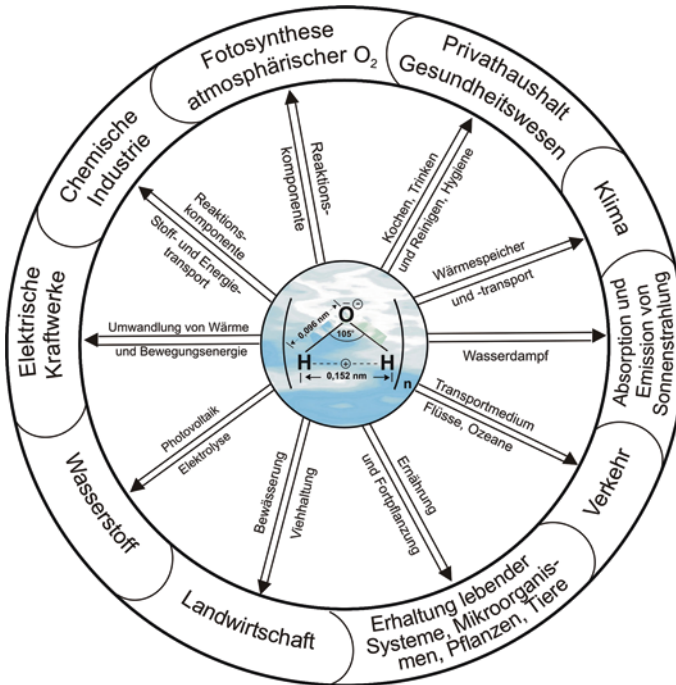


Abb. 1 Wasser, ein System von vernetzten Molekülen und Schlüsselprodukt in Natur und Technik. [E. water, a system of linking molecules and key-product in nature and technology]

Bereitstellung von elektrischer Energie an Wasser als energetisches Transport- und Umwandlungsmedium gekoppelt (Tab. 13.30).

Wasser ist ein ambivalenter⁸ Stoff, er ermöglicht und fördert Leben von Mikroorganismen, Pflanzen, Tieren und Menschen. Wasser vernichtet auch Leben, zerstört Landschaften und baut sie wieder auf (Abb. 1).

Der Mensch kann Wasser für seinen persönlichen Bedarf nur in einer bestimmten Qualität gebrauchen. Es muss ausreichende Mineralsalze gelöst enthalten, nicht zu viel und nicht zu wenig (Kap. 2, Abschn. „Natürliche Wasserarten und ihre Inhaltsstoffe“) und muss den hygienischen Anforderungen genügen. Außerdem muss es frei von krankheitsverursachenden Mikroorganismen sein.

Im März 2003 fand in Kyoto, Osaka und Shiga/Japan eine Welt-Wasserkonferenz statt. An diesem Forum nahmen 2400 Politiker und Wissenschaftler aus 182 Nationen teil. Trotz vieler wissenschaftlicher Vorträge und politischen Absichtserklärungen konnte man sich nicht auf verbindliche Maßnahmen einigen, wie die Weltbevölkerung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser zu versorgen sei. Auch der Weltklimagipfel in Doha/Katar im Dezember 2012 hat keine überzeugenden Entscheidungen gebracht.

⁸ ambo (lat.) – beide; valere (lat.) – stark sein; ambivalent – entgegengesetzte Eigenschaften besitzen.

Biologische Vielfalt und Wasser [E. biodiversity and water] [84]

Die biologische Vielfalt ist die Summe aller Artenvielfalt (engl. species diversity) der Mikroorganismen, Flora und Fauna in allen Ökosystemen der Erde, wie z. B. des Meeres (engl. marine), des Süßwassers (engl. fresh water), d. h. Inlandswassers und des Festlandes (engl. terrestrial).

Die mannigfaltig strukturierten Gene sind die *Quellen* und das *Potenzial* des Lebens mit seiner unerschöpflichen Anpassungsfähigkeit an ständige Veränderungen der Umwelt. Das schließt das Vermögen zur Bildung von unterschiedlichen Ökosystemen als konkurrierende Organisationseinheiten mit ein.

Die Artenvielfalt äußert sich in physikalischen, d. h. energetischen, chemischen, d. h. stofflichen, und biologischen, d. h. sich selbst steuernden, Prozessen, um sich immer wieder aus sich selbst heraus zu erneuern und überlebensfähig zu bleiben. Sie stärkt die allen Organismen innewohnende Kraft des Überlebensdranges.

Voraussetzung der biologischen Vielfalt mit ihrer fast unbegrenzten Artenvielfalt auf der Erde ist das Wasser (Abb. 1).

Organismen auf dem Festland sind gezwungen, ihr wässriges Medium ständig mit sich herumzutragen, um in der nur leicht feucht-gasförmigen Phase der Atmosphäre zu gedeihen [42]. Ihre Körper bestehen zu 60 bis 98 % aus Wasser.

Die Zahl der auf der Erde lebenden Arten wird zurzeit auf ca. 15 Mio. geschätzt, von denen bisher 1,8 Mio. identifiziert worden sind. Daraus folgt, dass es über die Vielfalt des Lebendigen in der Natur noch keinen genauen Überblick gibt.

Introduction

What we know to day of the Earth's development, we can say that approximately 3,5–4 billion years ago life began in water.

Without water Earth would be no more than a huge desert devoid of plants and other forms of vegetation. A great emptiness would have been the typical characteristic the of Earth's surface [130].

The phylogenetic oldest vertebrates of land e.g. amphibia⁹, reptiles¹⁰ and birds spend the first phase of life exclusively in water. The beginning of life of the vertebrates is in the egg. The egg can be compared to a complete little aquarium¹¹. All full grown individuals of land animals including mammals, have their own aqueous medium in the form of blood and lymph circulatory system (Fig. 2.17). All land animals lose much water through respiration, perspiration and other excretions e.g. urine and faeces. It must be replaced through the intake of fresh water. The greater part of land organisms satisfy their water intake from water in rivers, fresh water lakes and subsoil water (Table 8.21, Fig. 8.97 and 8.98).

Man requires 2,6 L of water daily in temperate zones and under normal conditions. This amount increases from 8 to 15 L daily in torrid zones such as deserts or in dry arctic areas [72].

Plants are stationary. They have developed the most effective method of absorbing water. They are able to absorb the least amounts of water from the soil through their spreading roots. They gather and store the water in their vascular system. Plants and algae are the basis for the formation of animal life.

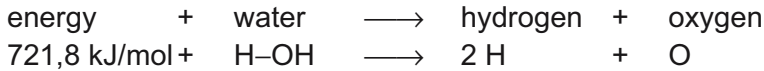
In the presence of chlorophyll the plants and algae photosynthesize from carbon dioxide and water by solar energy the most important biopolymers e.g. carbohydrates, proteins, fatty oils, vitamins and other. These products are the physiological energy source for men and animals, which means for foodstuff and animal feeds (Fig. 3.41).

⁹ amphi (gr.) – doppel-, beid-, bie= bio (gr.) – Leben. Amphibie – im Wasser und auf dem Land lebendes Tier, z. B. Lurche.

¹⁰ repere (lat.) – kriechen; Reptil – Kriechtier.

¹¹ aqua (lat.) – Wasser, Aquarium – Behälter für Wassertiere.

Water is a very stable chemical compound. Much energy is necessary to split the compound into its elements of hydrogen and oxygen (Fig. 3.22).



Only solar energy is able to split water into its atomic elements into high degree at normal temperatures (see Chap. 3, section „Wasser und Sonnenenergie, Fotosynthese“). The hydrogen, which is set free, reduces the carbondioxide to sugars in the green leaf pigments of plants or in the light absorbing pigments of algae. The monomer *glucose* polymerizes to starch and cellulose and other carbohydrates. The oxygen of the water enriches itself in the atmosphere as gas. The oxygen quota in the air is 21 % vol. It is responsible for the oxidic biosphere of our planet.

Carbondioxide and solar energy are ubiquitous around the Earth, but water is unequally distributed on the continents. Water is the limiting factor for the growth of plants and in special case for the development of agriculture.

The Earth's climate is essentially influenced by the global circulation of water in connection with the partial circulation above the continents and oceans (Fig. 3.21).

The physical conversion of water into its different states of aggregation plays a significant role, that means the conversion from ice into the liquid phase and steam and back. The water circulation in nature provides a permanent renewal of fresh water.

Water is the most important heat store and energy converter. The movement energy of flowing water is converted into electrical energy by waterwheels and turbines (Chap. 7).

Although there is sufficient water in the world and it is not consumed but only used, nevertheless fresh water becomes scarcer for human requirement [215]. The reasons are the disproportionate distribution around the continents, together with increasing density of population and careless handling (Fig. 5.52 and 5.53). In future water pipelines must be increased world wide. The extent of this world wide network for water have to be greater than that for crude oil and natural gas (Fig. 13.145, 13.146, 13.147 and 13.148).

Water and energy are closely bound together. The discussion about energy can not exclude water, both together equally considered.

Power plants based on coal, petroleum, natural gas and nuclear energy demonstrate it. The requirement of electrical energy cannot be supplied without a sufficient provision of fresh water (Table 13.30).

Heat energy cannot be transported through long distance pipes without water. Water is an ambivalent¹² matter. On the one side, promoting biological systems e.g. microorganisms, plants, animals and man. On the other side it kills life, destroys landscapes and makes them fruitful again (Fig. 1).

¹² ambo (lat.) – beide; valere (lat.) – stark sein; ambivalent – entgegengesetzte Eigenschaften besitzen.

Drinking water requires a special quality. It must be free of toxic substances and pathogenic microorganisms, it should have a sufficient concentration of dissolved minerals (Chap. 2, section „Natürliche Wasserarten und ihre Inhaltsstoffe“).

In March 2003, in Kyoto, Osaka and Shiga/Japan 2400 politicians and scientists took part in the Water-World Forum. The participants came from 182 different nations.

However, the fact that the conference came to an end without any positive decisions on the question of water is an indication of the catastrophe which is bound to happen.

The result was 100 commitments and declarations without obligatory content. The forum illustrates the disaster and the irresponsibilities of world-wide water management.

And the summit conference of global climate in Doha/Katar which took place from 5th to 12th December 2012 has brought no new convincing decisions.

Biodiversity and water [84]

Biodiversity is the sum of all species diversity. These are the anaerobic and aerobic micro-organisms, fauna and flora in all ecosystems on Earth, for example in fresh water, terrestrial and marine fauna and flora.

The varied structured genes are the sources and the potential of life with its inexhaustible adaptability to continual changes of the environment. This includes the ability to develop different ecosystems as competing organization units.

The diversity of the species manifests itself in physical (principles of energetics), chemical (material) and in biological processes. Biology is the science of living organisms, which is the study of their self sustaining abilities like metabolism, reproduction, self-organization and self-regulation.

The urge of each biological species to survive is so obvious, that every opportunity for adaptation, mutation and selection is utilized in order to overcome all life's contradictions and inconsistencies. Life is more than the interaction of physical and chemical processes. Water on the Earth is the precondition for the biological diversity with its unlimited diversity of the species. Living things on the mainland have to carry around always with them a watery medium in order to flourish in the humid-gaseous phase of the atmosphere. The organisms of the mainland consist of about 60 to 98% water.

The number of living species on Earth is estimated at 15 Mio. at present. Of these 1,8 Mio. has so far been identified. The result is that one has no exact overview about the diversity of the living system in nature.

Inhaltsverzeichnis

1 Vorkommen [E. occurrence]	1
Sahara [E. Sahara]	3
Algerien [E. Algeria]	3
Libyen [E. Libya]	6
Das Anschlussprojekt Garabulli [E. the following project of Garabulli] ...	10
Vereinigte Arabische Emirate [E. United Arab Emirates]	11
Saudi-Arabien [E. Saudi Arabia]	13
Jordan [E. Jordan]	14
Wasserspeicher im Erdmantel [E. water storage in Earth's Crust]	14
2 Hydrosphäre [E. hydrosphere]	17
Wasserdampf und Wolken – Transportmittel von Wärmeenergie [E. water vapour and clouds – means of transportation of thermal energy]	21
Schelfwasser (küstennahe Gewässer) [E. off-shore water]	23
Natürliche Wasserarten und ihre Inhaltsstoffe [E. natural types of water and their ingredients]	23
Regenwasser [E. rainwater]	23
Quell- und Flusswasser [E. spring and river water]	23
Süßwasser [E. fresh water]	24
Mineralwasser [E. mineral water]	24
Trinkwasser [E. drinking water]	24
Meerwasser [E. sea water]	25
Salzseen [E. Salt Lakes]	26
Versalzung von Binnengewässern [E. salination of inland water]	27
Solwasser [E. brine]	28
Brackwasser [E. brackish water]	28
Besonderheiten des Toten Meeres [E. specialities of the Dead Sea]	28
Grundwasser [E. ground water]	29

Wasserdruck in Gesteinsporen [E. water pressure in the pores of rocks] . . .	30
Grundwasserquellen – Aquifere [E. sources of ground water – aquifers]	31
Wasser in der Asthenosphäre [E. water in the asthenosphere]	35
Bodenfeuchte [E. ground dampness]	35
Die Fruchtbarkeit des Lößbodens – die Magdeburger Börde [E. fruitfulness of löß-soil – the Magdeburger Börde]	38
Die Rolle des Wassers in den Pflanzen [E. the role of water in plants] . . .	39
Wasserkreislauf im menschlichen Körper [E. water circulation in the human body]	41
Wasserbilanz im menschlichen Körper [E. water balance in the human body]	43
Der Kreislauf von Mineralsalzen [E. cycle of minerals]	46
Wasser als Kohlenstoffdioxid-speicher [E. water as storage for carbon dioxide]	47
Calciumcarbonate [E. calcium carbonates]	47
Andere Mineralien: Silikate, Phosphate, Eisenoxide [E. other minerals: silicates, phosphates, ferric oxides]	48
Bildung von Wasser auf der Erdoberfläche [E. Formation of water on the Earth's surface]	49
Die Wechselbeziehungen Wasser und Kohlenstoffdioxid im Rhythmus der Stoffkreisläufe in der Natur [E. reciprocal action between water and carbon dioxide in rhythm of the material circulation in nature]	50
Die Fotozonen in Ozeanen und Seen [E. photic zone in oceans and lakes]	52
Trockenes Wasser [E. dried water]	55
3 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers [E. physical and chemical properties of water]	57
Hydrolyse und Elektrolyse [E. hydrolysis and electrolysis]	62
Wasser im kritischen Zustand [E. super critical water, SCW]	63
Eine analytische Methode zur Wasserbestimmung in Stoffen – Karl-Fischer-Reagenz [E. an analytical method for water determination in substances – Karl Fischer reagent]	65
Dichteunterschiede von Gewässern [E. density differences in water]	65
Schweres Wasser – Deuteriumoxid [E. heavy water – deuterium oxide] . . .	66
Eis [E. ice]	67
Frostspaltung [E. Segregation through freezing]	69
Schneekristalle [E. snow crystals]	70
Wasser als Quelle des atmosphärischen Sauerstoff [E. water as primary product for atmospheric oxygen]	72

Wasser und Wasserstoffbrückenbindungen – ein Beispiel für Wechselwirkungen zwischen Stoffen und Energien [E. water and hydrogen bonds – an example for interactions between matters and energies]	73
Wasserstoffbrückenbindungen in Biomolekülen [E. hydrogen bonds in biomolecules]	77
Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Wasser und Harnstoff – ein Beispiel [E. hydrogen bonds between water and urea – an example]	78
Wasserstoffbrückenbindungen in Proteinen [E. hydrogen bondings in proteins]	79
Wasserstoffbrückenbindungen in Nukleinsäuren [E. hydrogen bonds in nucleic acids]	81
Wasserstoffbrückenbindungen in Zellulose [E. hydrogen bonds in cellulose]	82
Einschlussverbindungen von Wasser – Clathrate [E. inclusion compounds of water – clathrates]	83
Biochemische Reaktionen [E. biochemical reactions]	86
Wasser und Sonnenenergie, Fotosynthese [E. water and solar energy, photosynthesis]	87
Wasserdampf – seine natürliche Absorption und Emission von Sonnenenergie [E. water vapour – its absorption and emission of solar energy]	92
Der Vandasee [E. the Vanda-lake, the reversat of its temperature in the depth]	93
Vom Fließen des Wassers – die Verteilung des Wassers in der Natur [E. the flow of water – its distribution in nature]	93
4 Die Ozeane, ihre Verknüpfungen und Unterschiede [E. the oceans, their connections and differences]	97
Die Ozeane als Bewegungsenergie, Energiequellen für Erdgas und Erdöl und Reserven für Rohstoffe [E. the oceans as a source of movement, energy resources of crude oil, natural gas and of raw materials]	99
Klimawandel am Ende der letzten Eiszeitperiode vor 12.000 Jahren in Europa (s. Foto I u. II, S. 103 und S. 104) [E. change in climate at the end oft he last Ice Age 12.000 years ago in Europe (see photography I a. II, page 103 and page 104)]	101
Erze und Manganknollen [E. ores and manganese nodules]	105
Gelöste Salze im Meerwasser [E. dissolved salts in sea water]	105
Fotosynthese im Ozean [E. photosynthesis in the ocean]	106
Infrarotspektrum von Wasserdampf, H–OH, und Kohlenstoffdioxid, CO ₂ , in der Atmosphäre [E. infrared spectra of water (H–OH) and carbon dioxide (CO ₂) in the atmosphere]	109
Lebende Systeme in der Tiefsee [E. living systems in Deep-Sea]	112
Die Ozeane als Nahrungsmittelquelle [E. the Oceans as resources for food]	114

Meeresströmungen [E. Ocean currents]	115
Antarktis [E. Antarctic]	119
Golfstrom und Nordatlantikstrom [E. Gulf Stream and North Atlantic Current]	120
5 Wasserkrise, eine Folge von Bevölkerungsverdichtung, landwirtschaftlicher Bewässerung und Industrialisierung [E. Water crisis, a consequence of population density, agricultural watering and industrialization]	123
Wasserknappheit [E. scarcity of water]	123
Der Wassermangelindex [E. the index of water shortage]	123
Politische Konflikte als Folge von Wassermangel bzw. Wasserknappheit [E. political conflicts as consequences of shortage and scarcity of water respectively]	124
Kanada als möglicher Süßwasserexporteur [E. Canada as a potential exporter of fresh water]	128
Kalifornien [E. California]	129
Mexiko [E. Mexico]	129
Portugal [E. Portugal]	131
Krisen an Flüssen [E. crises at rivers]	131
Donau [E. Danube]	131
Nahe Osten [E. Middle East]	131
Nilbecken [E. Nile Basin]	133
Der Assuan-Damm [E. the Aswan Dam]	133
Der Süden Afrikas; Namibia [E. the southern part of Africa; Namibia]	135
Der Kivu-See und seine Methanvorkommen [E. the Kivu-Lake and its methane-resources]	138
Südafrika [E. South Africa]	139
Zusammenhang zwischen Bevölkerungswachstum – Urbanisierung – hygienisch einwandfreie Süßwasserversorgung und Nahrungsmittelver- sorgung [E. connection between population growth – urbanization – supply of clean fresh water and supply of food]	142
Das Lire-Projekt in Paris [E. the Lire-Project in Paris]	148
Hessenwasser GmbH & Co. KG in Deutschland [E. Hessenwasser Company in Germany]	148
Bevölkerungsverdichtung – Nahrungs- und Futtermittelbedarf – Wassernutzung [E. population density – food and fodder provision – use of water]	149
Indien, ein Beispiel [E. India, an example]	152
Wasser und Ernährung [E. water and nourishment]	153
Essentielle Aminosäuren und ihre Verwertung in Nahrungs- und Futtermitteln [E. essential amino acids and their use for food and fodder]	159

Wirtschaftliches [E. economic]	163
Süßwasserknappheit, eine Folge moderner Lebensweise [E. scarcity of fresh water, a consequence of modern way of life]	164
Eiweißhaltige Nahrung für die Menschen und deren notwendiger Süßwasserbedarf [E. containing protein food for man and their necessary requirement of fresh water]	166
6 Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung [E. regeneration of water and treatment of waste water]	169
Inhaltsstoffe in natürlichem Wasser [E. ingredients in natural water]	169
Aufbereitung des natürlichen Wassers je nach Verwendungszweck [E. water treatment procedures for specific purposes]	170
Der Wasserbedarf in Privathaushalten [E. water demand in private households]	174
Trinkwasseraufbereitung im Altertum – Tee, Bier, Wein [E. the start of water treatment in Ancient History – tea, beer, wine]	177
Destilliertes Wasser [E. distilled water]	179
Wasser für technische Nutzung [E. water for industrial use]	179
Enthärtung [E. softening]	179
Entkarbonisieren nach dem Kontaktverfahren [E. water softening by decarbonisation in a contact process]	181
Flusswasseraufbereitung mit Ozon [E. Water treatment of river water with the help of ozone]	182
Wasserdargebot und Wassernutzung in Deutschland [E. supply and use of water in Germany]	183
Abwasserreinigung [E. reclamation and treatment of waste waters]	185
Vorgänge in Gewässern, Fotosynthese [E. processes in waters, photosynthesis in waters]	185
Eutrophierung von Gewässern, Überdüngung [E. eutrophication of water by excessive fertilization]	186
Wasserverschmutzung [E. water pollution]	187
Biologische Methoden zur Abwasseraufbereitung in der Industrie [E. biological treatment of industrial waste water]	193
Der Biohoch®-Reaktor [E. the Biohoch reactor]	201
Anaerobes Verfahren [E. anaerobic process]	202
Sanitisierung in der pharmazeutischen Industrie [E. sanitation in the pharmaceutical industry]	203
Vom natürlichen Gebrauchswasser zum Reinstwasser [E. from natural fresh water to purest water]	203
Die pharmazeutische Wasseraufbereitungsanlage ORION®TTS [E. Total Thermal Sanitisation]	204
Folgen von Süßwassermangel [E. consequences of shortage of fresh water] ...	207

Gülleentsorgung [E. disposal of liquid manure]	210
Bedarf an Prozesswasser in der Industrie – Beispiele [E. demand of process water in the industry – examples]	211
Wasser in einem Chemiewerk [E. water in a chemical plant]	211
Synthesegas und Wasserbedarf [E. synthesis gas and its demand for water]	211
Ähnlichkeiten zwischen der Photosynthese und den Synthesegasreaktionen [E. similarities between the photosynthesis and the reactions of synthesis gas]	215
Alkalichloridelektrolyse [E. chloralkali electrolysis]	215
Zuckergewinnung aus Zuckerrüben [E. sugar production from sugar beets] . . .	216
Produktion von Bio-Ethanol auf der Grundlage von Getreide oder Zucker [E. Production of bio-ethanol on the basis of cereal or sugar]	217
Die Papierherstellung [E. the production of paper]	217
Herstellung von Gelatine [E. production of gelatin]	218
Chipindustrie [E. industry for chip production]	218
Wasser als Rohstoff [E. water as raw material]	218
Wasserstoff als Reaktionspartner [E. hydrogen as reactant]	219
Wasser als Prozesswasser [E. water as process-water]	220
7 Wasser als Wärmespeicher und Energieumwandler [E. water as heat-storage and energy converter]	223
Konzept eines Kohlekraftwerkes [E. construction of a coal power station]	225
Energieumwandlungsstufen eines Kraftwerks zur Erzeugung von elektrischem Strom [E. steps of energy conversions of a power station for production of electrical energy]	225
Beispiel eines Steinkohlenkraftwerkes: Kraftwerks- und Netzgesellschaft mbH, 18147 Rostock. [E. example of a hard-coal power station: Power Station Rostock/Germany]	226
Braunkohlenkraftwerk der RWE Power AG [E. brown coal power station of RWE Power AG]	229
Konzept einer Fernwärme-Auskopplung aus einem Kondensationskraftwerk mit z. B. 400 bis 700 MW (Megawatt) [E. construction of an uncoupled remote heating plant from a condensation power station e.g. 400 MW–700 MW (Megawatt)]	231
Der Energiebedarf in der Welt [E. energy requirement in the world]	233
8 Staudämme und Kraftwerke [E. dams and power plants]	239
Anzahl der Staudämme in der Welt [E. number of dams in the world]	239
Historisches aus dem Staudambau [E. a short history of dams]	241
Die Europäische Wasserscheide [E. the European watershed]	247

Flüsse, Kanäle, Seen Europas und in der Welt [E. Rivers, canals, lakes in Europe and of the world]	248
Der Amazonas [E. the Amazon]	248
Australien [E. Australia]	252
Aufwindkraftwerk – Strom von der Sonne in Australien [E. the solar updraft power – electricity from the sun in Australia]	254
Europa [E. Europe]	256
Der Main-Donau-Kanal [E. the Main-Danube-Canal]	260
Süditalien [E. Southern Italy]	262
Die größten Seen in der Welt [E. the largest lakes of the world]	263
Das Kaspische Meer in Asien [E. the Caspian Sea]	264
Baikal See; tartare: Fischreicher See; mongolisch: Dalai Nor – Heiliges Meer [E. Lake Baikal; tartare: rich fishing lake; mongolian: Holy Lake]	264
Der Aralsee [E. the Aral Sea]	264
Titicacasee [E. Titicaca Lake]	265
Ostsee [E. Baltic Sea]	265
Ostseeflüsse [E. rivers of the Baltic Sea]	270
Nord-Ostsee-Kanal [E. Kiel-Canal]	271
Der Seeweg von der Nordsee in die Barentssee durch die Ostsee [E. the sea route from the North-Sea to the Barents-Sea through the Baltic Sea]	272
Weißmeer-Ostsee-Kanal, Bjelomorsko-Baltysky-Canal [E. White Sea – BalticSea Canal/ Belomorska-Baltiyskiy Canal]	272
Entstehung der Nordsee [E. formation of the North Sea]	272
Schwarzes Meer [E. Black Sea]	274
Victoriasee (Victoria Nyanza) [E. Lake Victoria]	278
Der Tschadsee [E. Lake Chad]	279
Suez-Kanal, Panama-Kanal, Nicaragua-Kanal [E. Suez-Canal, Panama-Canal, Nicaragua-Canal]	280
Suez-Kanal [E. Suez-Canal]	280
Panama-Kanal [E. Panama-Canal]	280
Nicaragua-Kanal [E. Nicaragua-Canal]	281
Die größten Staudämme in der Welt [E. the biggest dams in the world]	282
China, der Drei-Schluchten-Staudamm [E. China, the Three Gorges Dam]	284
9 Kraftwerke [E. power plants]	289
Wasserkraftwerke unterschiedlichen Typs [E. hydro-electric power stations of different functions]	289
Konzeption des Innkraftwerks Nußdorf [E. construction of the hydro-electric power plant Nußdorf at the river Inn]	291

Wasserkraft in Europa [E. hydro-electric power in Europe]	292
Wasserpumpspeicherwerk in Goldisthal [E. water pumped storage power plant in Goldisthal]	294
Talsperre Leibis-Lichte im Thüringer Wald [E. dam of Leibis-Lichte in Thuringian Forest]	296
Wasserkraftwerke in Deutschland und Österreich [E. water power plants in Germany and Austria]	297
Wellenkraftwerk [E. wave power plant]	298
Gezeitenkraftwerke [E. Tidal Hydro-Electric Power Station]	301
Gezeiten [E. tides]	301
Gezeitenkraftwerk in St. Malo [E. tidal power station St. Malo]	301
Gezeitenkraftwerk in Norwegen [E. tidal hydroelectric power station in Norway]	303
Wärme und elektrischer Strom aus der Erde – geothermische Erdwärme[5] [E. heat and electrical energy out of the Earth – geothermal energy]	304
Nutzung der geothermischen Energie in Europa und der Welt [E. use of the geothermal energy in Europe and the world]	305
Geysire [E. geysers]	305
Island, eine Insel der Erdwärme und Gletscherwasser [E. Iceland, an island of geothermal energy and glacial water]	306
Das Wasserkraftwerk Kárahnjúkar [E. hydroelectric power plant Kárahnjúkar]	309
Aluminiumgewinnung durch Schmelzflusselektrolyse in Island [E. aluminium production through smelting flux electrolysis in Iceland]	310
Erdwärme Kraftwerk Neustadt-Glewe/Mecklenburg – das erste geothermische Kraftwerk in Deutschland [E. geothermal power station in Neustadt-Glewe/Mecklenburg – the first geothermal power station in Germany]	311
Elektrische Energie durch Osmose [E. electrical energy through osmosis]	315
Große Staudämme – kleine Staudämme, ihre Naturbelastung [E. big dams and small dams and their harm to the environment]	316
10 Entsalzung von Meer- und Brackwasser [E. desalting of sea-water and brackish water]	319
Bevölkerungswachstum und Wasserverschwendung [E. population growth and waste of water]	319
Beschreibung einiger Entsalzungsmethoden [E. description of some desalination processes]	320
Umkehrosmose [E. reverse osmosis] (s. Kap. 6, Abschn. „Aufbereitung des natürlichen Wassers je nach Verwendungszweck“)	323
Ultrafiltration [E. ultrafiltration] (vgl. auch Kap. 6, Abschn.	

„Aufbereitung des natürlichen Wassers je nach Verwendungszweck“ . . .	325
Nanofiltration [E. nanofiltration] (vgl. auch Kap. 6, Abschn.	
„Aufbereitung des natürlichen Wassers je nach Verwendungszweck“ . . .	326
Entspannungsverdampfungsverfahren [E. multi-stage flash evaporation]	
(vgl. auch Kap. 6, Abschn. „Aufbereitung des natürlichen Wassers je	
nach Verwendungszweck“)	326
Elektrodialyse [E. electrodialysis process] (vgl. auch Kap. 6, Abschn.	
„Aufbereitung des natürlichen Wassers je nach Verwendungszweck“) . . .	328
11 Wasser als mittelbare Energiequelle der Zukunft [E. water – a mediate	
energy source in future]	331
Fossile Brennstoffe, ihre Reserven und Energiedichten [E. fossil fuels,	
their resources and densities of energy]	331
Solartechnik und Sonnenenergie [E. solar power technology	
and solar energy]	334
Sonnenenergie – eine unerschöpfliche Energiereserve [E. solar energy –	
an inexhaustible resource of energy]	335
Berechnung der Energiestromdichte an der Sonnenoberfläche	
[E. calculation of the energy flow density on sun surface]	335
Die Solarkonstante [E. solar constant]	337
Berechnung des Energiestroms, der von der Erdoberfläche	
eingefangen wird [E. calculation of the energy flow, which	
will be captured by the Earth surface]	337
Energiestrom zur Erde [E. energy flow to the Earth]	337
Mittlere Energieströme auf der Erdoberfläche [E. average	
energy streams on Earth’s surface]	337
Albedo-Wert [E. Albedo-value]	339
Energiebilanz der Erde [E. energy balance of the Earth]	340
Das Prinzip der Solarzelle [E. principle of a solar cell]	341
Wirtschaftliches [E. economic]	345
Solarthermische Kraftwerke [E. solar thermal power station]	347
Parabolrinnenkraftwerk in Andalusien [E. parabolic reflector power	
plant in Andalusia]	347
Nevada Solar One, USA	349
Historisches [E. history]	350
Anlagenbau [E. construction company]	350
Polysilizium-Weltproduktionskapazitäten [E. world wide	
production capacities of polysilicon]	354
Zukünftige Verfahren für die Wasserstoffgewinnung	
[E. processes of hydrogen production in future]	354
Technische Spaltung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff	
durch Sonnenlicht [E. technical decomposition of water	
in hydrogen and oxygen by sun radiation]	355

Wasserstoff als Energiespeicher, ein Hybridkraftwerk [E. hydrogen power as energy storage – a hybrid-power station]	358
12 Die Wassermärkte in Deutschland, Europa, USA und andere	
[E. markets for water in Germany, Europe, USA and others]	361
Deutschland [E. Germany]	361
England [E. UK]	363
Frankreich [E. France]	364
Italien [E. Italy]	365
Spanien [E. Spain]	365
USA-Markt [E. US-market]	366
Wasserdargebot und Wasserverteilung in Europa [E. water supply and distribution in Europe]	366
Wasserpreise [E. water-prices]	368
Adressen von einigen privaten Wasserunternehmen [E. addresses of some private water-companies]	369
Der Mineralwassermarkt [E. market of mineral water]	370
13 Zusammenfassung [E. summary]	373
Die Forderung nach einem sorgsamem Umgang mit Niederschlägen, Regen und Schnee [E. rainwater and snow-management]	374
Landflächen, Rohstoffe und Wasserdarangebote als politische Machtfaktoren [E. areas, raw materials and water resources as political power]	377
Ökonomie des Wassers [E. water economics]	379
Verteilung der chemischen Elemente in der Erdrinde einschließlich Hydrosphäre und Atmosphäre [E. distribution of the elements in the lithosphere including hydrosphere and atmosphere]	387
Die geologische Zeitskala [E. the geological time scale]	388
14 Schlussbemerkung – Wasser und die Entwicklung von Hochkulturen	
[E. final remarks – water and the development of the earliest great civilizations]	391
15 Anhang [E. appendix]	399
Glossar	403
Literatur	431
Sachverzeichnis	441

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Wasser, ein System von vernetzten Molekülen und Schlüsselprodukt in Natur und Technik. [E. water, a system of linking molecules and key-product in nature and technology]	XV
Abb. 1.2a	Die Wasserbilanz der Erde – Einheiten in 10^3 km^3 [E. water balance of the Earth – units in 10^3 cubic kilometre]	2
Abb. 1.2b	Höhengrafische Kurve der Erde [E. hypso graphic curve of the Earth’s surface]	2
Abb. 1.3	Anteile des Süßwassers am Gesamtwasser der Erde [E. parts of fresh water of total-water of the Earth]	3
Abb. 1.4	Algerien [E. map of Algeria]	5
Abb. 1.5	Mündung einer Foggara mit Messrechen für die Wasserverteilung [E. mouth of a Foggara with measuring rake for distribution of water]	5
Abb. 1.6	Erdölleitungen und petrochemische Industrieanlagen in Libyen [E. crude oil pipelines and petrochemical plants in Libya]	7
Abb. 1.7a	Libyens <i>Großer Künstlicher Fluss</i> , Verlauf und Bauphasen [E. Libya’s Great Man-Made river, course and phases of construction]	8
Abb. 1.7b	Bauphasen des Großen Künstlichen Flusses [E. phases of construction of the Great Man-Made river]	9
Abb. 2.8a	Flächen, Volumina und Massen der Ökosphäre [E. areas, volumes and masses of the ecosphere]	18
Abb. 2.8b	Globales Eisvolumen (Mio. km^3) [E. world wide volumina of ice, million km^3]	19
Abb. 2.9a	Der Kreislauf des Wassers in der Natur [E. circulation of water in nature]	19

Abb. 2.9b	Die Umwandlungsphasen des Wassers zwischen Wolken und Erdoberfläche [E. conversion phases of water between clouds and Earth's surface]	20
Abb. 2.10	Wasserkreislauf in der Natur zwischen Grundwasser, Ozeanen und Atmosphäre, [E. circulation of water in nature between subsoil water, oceans and atmosphere]	20
Abb. 2.11	Der globale Wasserkreislauf während eines Jahres in Verknüpfung mit den Teilkreisläufen oberhalb der Ozeane und Festlandkontinente [E. global circulation of water during a year in connection with the partial circulation above the oceans and continents]	22
Abb. 2.12	Verlauf des geplanten Friedenskanales vom Roten Meer ins Tote Meer [E. route of the planned peace-canal from the Red Sea to the Dead Sea]	27
Abb. 2.13	Die vorherrschende Fließgeschwindigkeit und Verweildauer von Grundwasser unter halbtrocknen klimatischen Bedingungen [E. typical ground water flow regimes and residence times under semi-arid climatic conditions]	33
Abb. 2.14	Übersichtskarte der Grundwasservorkommen in der Welt [E. Map of ground water resources of the world]	34
Abb. 2.15a	Wurzelwerk einer zweizeiligen Gerste im Juni [E. roots of a two-lined barley in month of June]	37
Abb. 2.15b	Die Schichten des Ackerlandes [E. layers of arable land]	38
Abb. 2.16	Acker – ein biologisches Nanosystem [E. farmland – a biological nanosystem]	41
Abb. 2.17	Wasserhaushalt des menschlichen Körpers bezogen auf einen 70 kg schweren Mann [E. water balance of a human body based on a man of 70 kg body weight]	43
Abb. 2.18a	Verteilung der Kontinente in der jüngsten Erdgeschichte gegen Ende der Kreideformation (vor etwa 65 Mio. Jahren) (nach Dietz und Holden, 1970)	52
Abb. 2.18b	Verteilung der Kontinental- und Ozeanplatten mit den Subduktionszonen auf der Erdkrustenoberfläche [E. the continental distribution of the Earth's surface and their subduction zones]	53
Abb. 2.19	Schematische Darstellung der plattentektonischen Prozesse [E. description of the processes of the tectonic plates]	53
Abb. 2.20	Die Rolle des Ozeans im Kohlenstoffdioxidkreislauf [E. the role of the oceans in the CO ₂ -cycle]	54
Abb. 3.21	Schematische Darstellung der Energieumsetzung am Beispiel Wasser [E. diagrammatic figure of energy conversion e.g. water (occurring losses of energies are not considered)]. (Dabei auftretende Energieverluste sind nicht berücksichtigt) (273 K=0 °C; 1 kcal=4,184 kJ)	58