

Die Erdoberfläche umfasst knapp 510 Mio. km². Davon sind 70,8 % von den Weltmeeren bedeckt. Die Landmassen nehmen eine Oberfläche von 149 Mio. km² ein (Abb. 2.8a). 20 % der Festlandflächen sind Wüsten, und 10 % sind von Eisschichten bedeckt [17].

Unter der Hydrosphäre versteht man die Wasserhülle an der Erdoberfläche. Zu ihr zählen die Ozeane, die Gewässer des Festlandes, die als Eis gebundenen Wassermengen der Arktis, Antarktis und Gebirgsgletscher und die Wasserdampfbestandteile der Luft. Das Gesamtwasservolumen auf der Erdoberfläche wird mit ca. 1384 Mrd. km³ = $13,84 \cdot 10^{20}$ L angegeben (Abb. 1.2a).

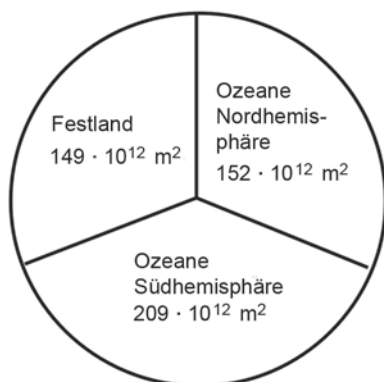
Eine Übersichtsrechnung bringt zum Ausdruck, dass statistisch auf jeden Quadrat-zentimeter Erdoberfläche ca.

264	L	Meerwasser, aber nur
7,3	L	Süßwasser und
0,1	L	Wasserdampf entfallen.

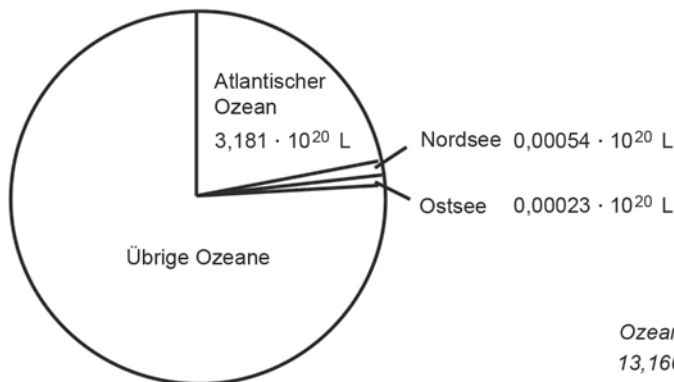
Von den 7,3 L Süßwasser sind ca. 5,5 L als Festlandeis gebunden (Abb. 2.8a).

Circa 89 % des auf unserer Erde befindlichen Eises lagern auf den Landmassen der Antarktis. 9 % bedecken die Arktis und Grönland. Nur 1 % des Festlandeises befindet sich auf den Gipfeln und in den Gletschern der Gebirge. Die restlichen 1 % schwimmen als riesige Schelfeistafeln im Nord- und Südpolarmeer. Ihr Schmelzen würde das Meeresspiegelniveau nicht verändern [185].

Der Übergang des Wassers aus seiner Flüssigphase durch Verdampfen bzw. des Eises durch Sublimieren in die Dampfphase bindet sehr viel Wärmeenergie, umgekehrt wird sie wieder freigesetzt, wenn Wasserdampf kondensiert bzw. flüssiges Wasser zu Eis erstarrt. Das hohe Energiespeichervermögen ist auf ein System vernetzter Wassermoleküle

Erdoberfläche

Ozeane (gesamt)
 $361 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$

Hydrosphäre

Ozeane (Inhalt)
 $13,166 \cdot 10^{20} \text{ L}$

Atmosphäre

Gesamtgewicht $51,07 \cdot 10^{20} \text{ g}$

Gewicht Troposphäre

(0 bis 11000 m) $40,0 \cdot 10^{20} \text{ g}$

Dichte der Luft bei 0 °C, 1 bar $1,29 \text{ g/L}$

Abb. 2.8a Flächen, Volumina und Massen der Ökosphäre [E. areas, volumes and masses of the ecosphere]. (Öko ..., von oikos, aus dem Griechischen = Haus, Siedlung, Wirtschaft... Der Begriff Ökosphäre wird häufig im gleichen Sinne für Biosphäre verwendet. Darunter werden die Lebensbereiche aller pflanzlichen und tierischen Organismen auf der Erdoberfläche zusammengefasst)

zurückzuführen. Diese physikalischen Prozesse der Aggregatzustandsänderungen¹ gestalten das Klima auf der Erde entscheidend. Sie sorgen für einen Temperatenausgleich zwischen den Ozeanen und den Landmassen, obwohl der Anteil der Wasservorräte, der mit knapp 1 Mio. km^3 am ständigen Zyklus des Erstarrens, Schmelzens, Kondensierens und Verdampfens teilnimmt, relativ klein ist (Abb. 1.2a, 2.9a, 2.9b, 2.10 und 2.11).

¹ aggregare (lat.) – beigesellen. Aggregatzustand ist eine physikalische Erscheinungsform der Stoffe.

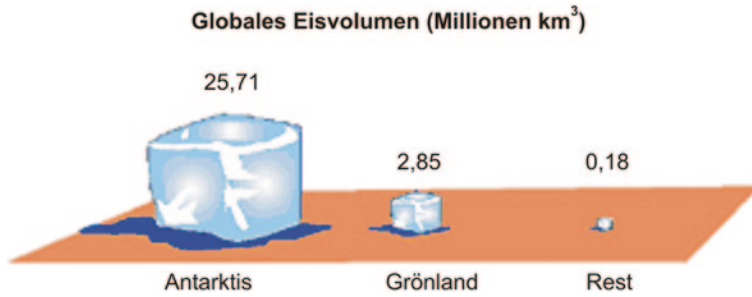


Abb. 2.8b Globales Eisvolumen (Mio. km³) [E. world wide volumina of ice, million km³]

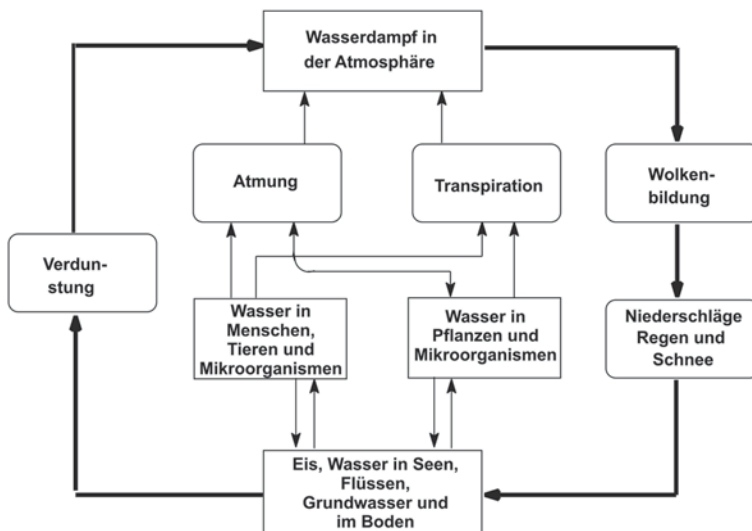


Abb. 2.9a Der Kreislauf des Wassers in der Natur [E. circulation of water in nature]

Der ständige Wasserdampfanteil in der Atmosphäre wird auf $14 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ geschätzt.

Die Verdunstung über den Ozeanen beträgt jährlich 425.000 km^3 und die Niederschläge 385.000 km^3 . Das entspricht einem Wasserdampftransfer auf die Kontinente von 40.000 km^3 Wasserdampf.

Über den Kontinenten werden pro Jahr 71.000 km^3 verdunstet, aber es sind 111.000 km^3 Niederschläge zu verzeichnen. Daraus errechnet sich ein Abfluss von den Kontinenten in die Ozeane von 40.000 km^3 . Diese Bilanzierung verdeutlicht den großen Beitrag der Meere zur Wasserversorgung der Kontinente, zugleich aber die Rolle des Abflusses in die Ozeane und die damit verbundene chemische Zusammensetzung des Meerwassers durch die von den Kontinenten stammenden Ionen und Feststoffpartikel.

Der Wasserkreislauf in der Hydrosphäre, nämlich zwischen den Ozeanen, den Festlandmassen und der Luft, wird durch Verdunstung, Transpiration der Pflanzen und Kondensation aufrechterhalten. Die treibende Energie liefert die Sonne durch die Temperaturunterschiede in den verschiedenen Erdzonen.

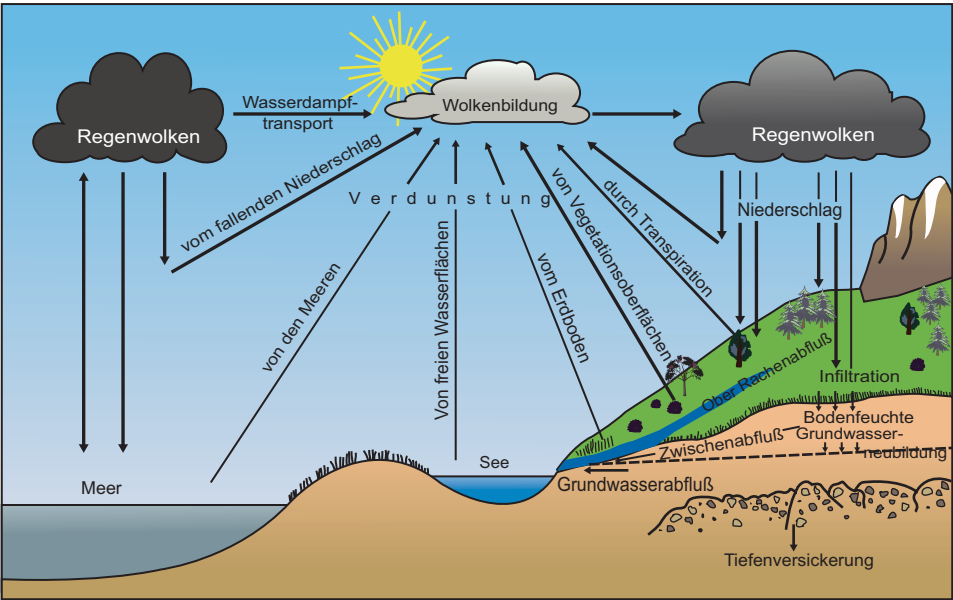


Abb. 2.9b Die Umwandlungsphasen des Wassers zwischen Wolken und Erdoberfläche [51] [E. conversion phases of water between clouds and Earth's surface]

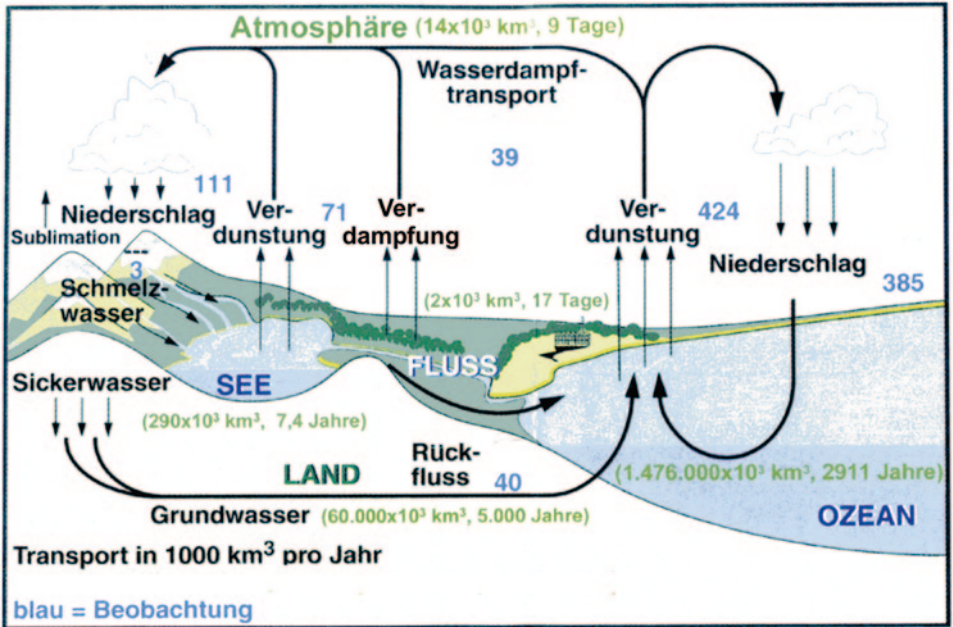


Abb. 2.10 Wasserkreislauf in der Natur zwischen Grundwasser, Ozeanen und Atmosphäre, [E. circulation of water in nature between subsoil water, oceans and atmosphere] Lit.: Warnsignal Wasser: Genug Wasser für alle? (2004), Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg [127]

Täglich werden ca. $150 \cdot 10^{12}$ (Billionen) L Wasser von den Ozeanen in das Land der Kontinente umgewälzt. Das entspricht einem jährlichen Durchsatz von ca. 55.000 km^3 bzw. dem hundertsten Teil des Mittelmeer-Volumens² [8].

Wasserdampf und Wolken – Transportmittel von Wärmeenergie **[E. water vapour and clouds – means of transportation of thermal energy]**

500.000 km^3 Regen und Schnee fallen jährlich auf die Erdoberfläche; 78 % davon auf die Ozeane und nur 22 % auf die Kontinente. Entsprechende Mengen Wasser müssen in der einen Region der Erdoberfläche verdampfen und in einer anderen kondensieren, damit ein Wasser-Wasserdampf-Kreislauf sich bildet und erhalten bleibt. Riesige Energieumwandlungen sind mit diesem Kreislauf verknüpft. Während der Kondensation des Wasserdampfes zu flüssigem Wasser wird Wärmeenergie freigesetzt, umgekehrt wird beim Verdampfungsvorgang Wärmeenergie gespeichert (s. Abb. 2.11). Die umgesetzten Mengen von Wasser \leftrightarrow Wasserdampf sind von Region zu Region verschieden.

Die geringsten Regenfälle der Welt sind in der *Atacama-Wüste in Chile* zu verzeichnen. Dort regnet es jährlich nur mit 20 mm Niederschlag pro Quadratmeter, dagegen fallen auf der Hawaii-Insel *Kauali* bis zu $20\,000 \text{ mm/m}^2$ Niederschläge im Jahr.

Eine Forschergruppe (*Gimeno, Geographical Research Letters*) fand heraus, dass eine der bedeutendsten Quellen für die Niederschläge auf den Kontinenten der subtropische Nordatlantik ist. Dieser Teil erstreckt sich zwischen den *Kleinen Antillen* im Westen und den *Kanarischen Inseln* sowie den *Kapverdischen Inseln* im Osten.

Abhängig von den jeweiligen Jahreszeiten gelangt das verdampfte Wasser, nachdem es in der Atmosphäre wieder kondensiert ist, als Regen, Schnee, Hagel oder Eispartikel bevorzugt in folgenden Regionen auf die Erdoberfläche:

im östlichen Teil Nordamerikas,
in Europa und Nordafrika und
in Südamerika östlich der Anden.

Aus den tropischen und subtropischen Ozeanregionen verdampft das Wasser in großen Mengen. Die zentraleuropäischen Breitengrade werden mit reichhaltigen Regenfällen versorgt durch die Niederdruckgebiete des Atlantiks. Die atlantische Ozeanregion südlich des Äquators ist nach dem subtropischen Nordatlantik die zweitwichtigste Niederschlagsregion für ständigen Regen. Der größte Anteil davon fällt in das riesige Amazonasbecken. Im Vergleich mit diesen tragen der Nordatlantik, Nordpazifik und die Südpolarsee um die Antarktis nur relativ wenig zur Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre bei.

² $150 \cdot 10^{12} \text{ L} \triangleq 150 \cdot 10^9$ (Milliarden) $\text{m}^3 \triangleq 150 \text{ km}^3$.

$150 \text{ km}^3 \cdot 365 \text{ Tage} \triangleq 54.750 \text{ km}^3/\text{Jahr}$.

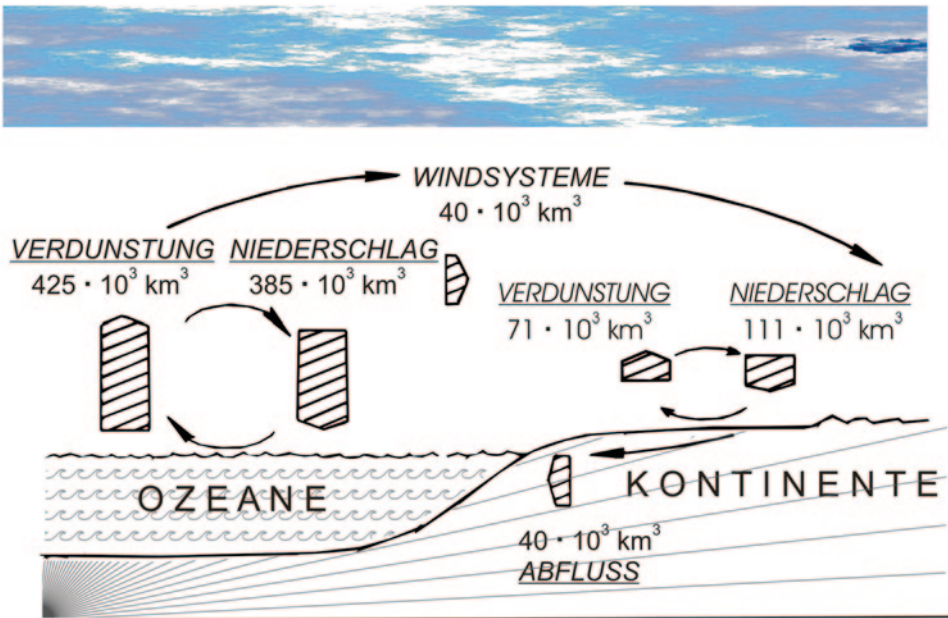


Abb. 2.11 Der globale Wasserkreislauf während eines Jahres in Verknüpfung mit den Teilkreisläufen oberhalb der Ozeane und Festlandkontinente [51] [E. global circulation of water during a year in connection with the partial circulation above the oceans and continents]

Die Wasseroberfläche des Pazifiks beträgt $181,34 \text{ Mio. km}^2$. Sie ist damit erheblich größer als die des Atlantiks mit $106,2 \text{ Mio. km}^2$. Deshalb erreichen nur verhältnismäßig geringe Mengen verdampften Wassers das Festland, um sich dort als Regen oder Schnee niederzuschlagen. Im Westen Nordamerikas kommen im Winter die Niederschläge vom Pazifik, ebenso für Zentralamerika.

Für den Indischen Ozean und die angrenzenden Festlandregionen gestaltet sich die Wasserdampfverteilung komplexer, dessen gesamte Wasseroberfläche beträgt 70 Mio. km^2 .

Hier gilt es, zwischen vier wichtigen Quellen des Wasserdampfes zu unterscheiden:

1. Der zentrale Teil des Indischen Ozeans,
2. der Aralsee (s. auch Kap. 8, Abschn. „Der Aralsee“)
3. und 4. die Regionen, die von den Regenfällen versorgt werden, deren Quellen die Agulhas- und Sansibarströme liefern, die entlang der ostafrikanischen Küsten fließen.

Der Wasserdampf für diese vier Regionen des Indischen Ozeans kommt von den Regenfällen während des Winters über *Ost- und Südafrika* und der *Arabischen Halbinsel*.

Der Südwest-Monsun bringt während des Sommers Wasserdampf in Richtung Indien, Pakistan und Bangladesch. Zusätzlich erhält Indien noch Regen während des Monsuns. Das Wasser dafür verdampft aus dem Roten Meer und der Sahelzone.

Schelfwasser (küstennahe Gewässer) [E. off-shore water]

Schelfwasser ist das Meerwasser, welches die flachauslaufenden Festlandsockel der Kontinente überspült.

In manchen Teilen der Küsten erstrecken sich die Schelfmeere nur über wenige Kilometer, in anderen über Hunderte von Kilometern. Dann fällt der Schelfmeeresboden plötzlich steil in die Tiefsee ab, oft auch terrassenförmig. Sie sind bis zu 500 m tief, selten tiefer. Diese Flachmeere bedecken nur 8 % der globalen Meeresoberfläche. Sie sind bevorzugte Aufenthaltsregionen der Ozean- bzw. Meeresfische (s. Tab. 4.9).

Längs eines 60 km breiten Landstreifens an den Kontinentalküsten leben etwa zwei Drittel der Erdbevölkerung, das sind ca. 4,8 Mrd. Menschen.

Natürliche Wasserarten und ihre Inhaltsstoffe [E. natural types of water and their ingredients]

Das Wasser in der Natur kommt mit der Luft, den Gesteinen und dem mit Pflanzen bewachsenen Boden in Berührung.

Regenwasser [E. rainwater]

Es ist unter den natürlichen Wässern das relativ reinste, da es einem natürlichen Destillationsprozess unterzogen wird. Es enthält Staubteilchen und gelöste Gase, die der natürlichen Luft, Vulkaneruptionen und Industriegasen entstammen können.

Quell- und Flusswasser [E. spring and river water]

Der gelöste Feststoffanteil von 0,01 bis 0,2 % besteht größtenteils aus Calcium- und Magnesiumverbindungen, welche für die Wasserhärte ausschlaggebend sind. Dazu kommen in geringen Mengen Natrium- und Kaliumionen, Eisen- und Manganionen sowie die entsprechenden Anionen, z. B. Karbonat-, Chlorid- und Sulfationen. Die Qualität des Flusswassers und auch das Wasser der Binnenseen werden maßgeblich beeinflusst vom Oberflächengewässer, Grundwasser und vom Übergangs- und Küstengewässer in den Mündungen.

Süßwasser [E. fresh water]

Süßwasser zeichnet sich durch einen Salzgehalt von weniger als 0,02 % aus. In der Natur kommt es als Gewässer der Seen oder als Flusswasser vor, aber auch als Grundwasser. Es kann unmittelbar oder mittelbar nach entsprechender Aufbereitung als Trinkwasser oder Brauchwasser verwendet werden.

Über Meerentsalzungsanlagen kann aus Ozeanwasser ebenfalls Süßwasser gewonnen werden (Kap. 10).

Mineralwasser [E. mineral water]

Unter Mineralwasser versteht man Quellwasser, das größere Mengen an Gasen, insbesondere Kohlenstoffdioxid, CO₂, und/oder gelösten Feststoffen enthält. Mineralwasserquellen weisen zuweilen Temperaturen bis zu 100 °C auf (s. auch Kap. 12, Abschn. „Der Mineralwassermarkt“).

Mineralwässer als Trinkwasser sind natürliche, aus natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnene Wässer, die je Kilogramm mindestens 1000 mg gelöste Salze oder 250 mg freies Kohlenstoffdioxid enthalten. Sie müssen am Quellort in die für den Verbraucher bestimmten Gefäße, z. B. Flaschen, abgefüllt werden (s. auch Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, MTVO).

Trinkwasser [E. drinking water]

Ist ein zum menschlichen Genuss und Gebrauch bestimmtes Süßwasser. Es soll klar, farblos, geruchlos, kühl und geschmacklich einwandfrei sein. Weiterhin soll es frei von Krankheitserregern, arm an Keimen sein und einen bestimmten Anteil von Mineralsalzen enthalten.

Die Trinkwasserverordnung, T-VO, vom 22.05.1986, BGBl T, S. 71, definiert die Beschaffenheit des Trinkwassers in Deutschland. Internationale Empfehlungen sind von der Weltgesundheitsorganisation, WHO, formuliert worden. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie, WRRL, des Europäischen Parlamentes ist seit 23.10.2000 in Kraft. Als 7. Novelle zum Wasserhaushaltsgesetz, WHG, hat sie in Deutschland am 25.06.2002 Gesetzeskraft erlangt.

In der Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung in Deutschland, die am 1. Januar 2003 in Kraft trat (TrinkwV 2001), heißt es:

Im Sinne dieser Verordnung

§ 3 1. ist „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ „Trinkwasser“ und „Wasser für Lebensmittelbetriebe“. Dabei ist

- a. „Trinkwasser“ alles Wasser, im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder insbesondere zu den folgenden anderen häuslichen Zwecken bestimmt ist:
- Körperpflege und -reinigung,
 - Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen,
 - Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen.
- Dies gilt ungeachtet der Herkunft des Wassers, seines Aggregatzustandes und ungeachtet dessen, ob es für die Bereitstellung auf Leitungswegen, in Tankfahrzeugen, in Flaschen oder anderen Behältnissen bestimmt ist;
- b. „Wasser für Lebensmittelbetriebe“ alles Wasser, ungeachtet seiner Herkunft und seines Aggregatzustandes, das in einem Lebensmittelbetrieb für die Herstellung, Behandlung, Konservierung oder zum Inverkehrbringen von Erzeugnissen oder Substanzen, die für den menschlichen Gebrauch bestimmt sind sowie zur Reinigung von Gegenständen und Anlagen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen können, verwendet wird, soweit die Qualität des verwendeten Wassers die Genussstauglichkeit des Erzeugnisses beeinträchtigen kann;

Tafelwasser ist ein Trinkwasser, das als Erfrischungsgetränk ohne Geschmacksstoffe, meist mit Kohlenstoffdioxidzusatz, natürlich vorkommend oder künstlich aufbereitet, in Flaschen abgefüllt in den Handel kommt. Zum Tafelwasser zählen Mineralwasser, Säuerlinge, Solen.

Meerwasser [E. sea water]

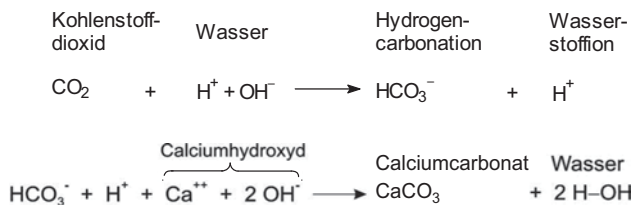
Es enthält ca. 3,5% gelöste Salze, von denen durchschnittlich 3,0% Kochsalz sind. Die restlichen 0,5% bestehen aus Verbindungen von etwa 50 verschiedenen Ionen.

Der Salzgehalt der Meere hängt von den Flüssen der Kontinente ab, die in die Ozeane münden. Die Flüsse werden vom Regenwasser, das auf die Festlandmassen fällt, gespeist. Das Regenwasser versickert in die tieferen Erdschichten und passiert dabei die unterschiedlichsten Gesteinslagen und löst die verschiedensten Mineralsalze heraus. Dieses Grundwasser sammelt sich in Rinnsalen und Bächen und gelangt über Flüsse wieder ins Meer. An den Meeresoberflächen verdunstet ständig Wasser, von dem ein Teil wieder als Regen auf die Kontinente zurückfällt. Da das Regenwasser salzfrei ist, nimmt während dieses alljährlichen Wasserkreislaufs der Salzgehalt der Ozeane langsam aber stetig zu [8].

Etwas niedriger ist der Salzgehalt mit 3,1%, d. h. 31 g/L, in arktischen Regionen. Der Grund sind die riesigen Süßwasservorkommen in Form von Eis und Gletscher. Der Salzgehalt im Atlantischen Ozean ist mit 3,49% etwas größer als der im Pazifik mit 3,462%.

Durch die im Meerwasser gelösten Salze ist es leicht alkalisch. Im globalen Mittel liegt der pH-Wert bei 8,1 und ist abhängig von den Jahreszeiten und den verschiedenen

Ozeanen und Randmeeren. Das *Europäische Nordmeer* zwischen Grönland, dem Nordkap und Spitzbergen weist den höchsten pH-Wert auf und hat damit die höchste Alkalität. Den niedrigsten pH-Wert, aber immer noch im alkalischen Bereich, misst man im tropischen Ostpazifik vor der Küste Mittelamerikas sowie im Arabischen Meer. Internationale Forschergruppen wie die französische Forschungsgemeinschaft *CNRS* in *Gif-sur Yvette* und die Gruppe um Ernst Maier Reimer vom Max-Planck-Institut für Meeresbiologie in Hamburg und eine Arbeitsgruppe um Rainer Schlitzer vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven, haben Hinweise, dass der pH-Wert des Ozeanwassers seit Beginn der Industrialisierung vor ca. 220 Jahren an den Oberflächen um 0,1 abgenommen hat, d. h., es hat eine Oberflächenversäuerung der Weltmeere stattgefunden. Sie soll von der Aufnahme des Kohlenstoffdioxidgehaltes der Luft herrühren. Die Hydrolyse des CO_2 im Wasser führt zu einer Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration im Meerwasser und damit zu einer Versäuerung [146]. Andererseits können diese Hydrogenkarbonat- und Wasserstoffionen aufgefangen werden durch die anwesenden gelösten Calciumhydroxide (vgl. Kap. 2, Abschn. „Der Kreislauf von Mineralsalzen“).



Salzseen [E. Salt Lakes]

Salzseen sind in der Mehrzahl abflusslose Seen in Trockengebieten. Durch Verdunstung des Wassers steigt ihre Salzkonzentration. Geringe Niederschläge gleichen die Verdunstung nicht aus. Daneben gibt es Salzseen, die von Wasserquellen mit einer hohen Salzkonzentration gespeist werden, wie z. B. in Deutschland der Mansfelder Salzsee. Auch gibt es Salzseen, die vulkanischen Ursprungs sind. Sie stehen mit salzführenden geologischen Schichten über dem Grundwasser in Verbindung [127]. Die Salzzusammensetzung ist sehr unterschiedlich, doch in der Regel ist der größere Anteil Natriumchlorid, NaCl , oder Soda, Na_2CO_3 .

An der *Ostküste des Kaspischen Meeres* hat sich eine 120 m breite und ca. 9 km lange Seeenge abgetrennt. Diese Bucht, *Kara-Bogas-Gol* (trk. Seebucht), hat eine Fläche von ca. 10.000 km^2 . Das Verdunstungsbecken misst im Sommer Temperaturen bis zu 34°C . Sein Salzgehalt beträgt zurzeit 30% und setzt sich zusammen aus Natriumchlorid, NaCl , Natriumsulfat, Na_2SO_4 , Kalium- und Magnesiumsalzen u. a.

Wasser und Energie

Ihre zukünftigen Krisen?

Hopp, V.

2016, XLVII, 448 S. 155 Abb., 110 Abb. in Farbe.,

Softcover

ISBN: 978-3-662-48088-5