

Zeitschrift: Schweizer Schule
Herausgeber: Christlicher Lehrer- und Erzieherverein der Schweiz
Band: 49 (1962)
Heft: 4: Vom Segen des Wassers

Artikel: Vom Wasser und vom Wasserhaushalt der Erde
Autor: Bögli, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-528300>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ist. – Große, aber doch nicht dieselbe Bedeutung hat das Wasser, wenn es in der heiligen Messe verwendet wird, wenn zum Beispiel der Priester damit seine Hände und symbolisch auch seine Seele reinigt oder wenn es bei der Bereitung der Opfertaben mit dem Wein vermischt wird und dabei die Menschheit Christi und unsere Menschheit bedeutet.

Im Alltag des Christen erhält das Wasser eine große Bedeutung als Weihwasser. Sein Gebrauch geht in die ältesten christlichen Zeiten zurück; ja selbst die heidnischen Römer kannten die Aqua lustralis schon. Bei der Weihe des Weihwassers wird zuerst Salz gesegnet und ein Exorzismus darüber gesprochen; dieses Salz wird dann ins Wasser geworfen; bei der eigentlichen Weihe des Wassers wird nochmals gebetet, daß dieses Wasser alle teuflische Gewalt fernhalten und alles Nachteilige von den Benützern abwenden solle. Ordentlicherweise wird es alle Sonntage vor dem Hochamt geweiht und an die Gläubigen ausgeteilt. Ein alter Brauch aber will, daß es auch mit nach Hause genommen und dort eifrig von allen benützt werde. Vor allem bekreuzt man sich gerne damit, bevor man seine Wohnung verläßt, damit Gottes Schutz immer über uns sei. – Besonders feierlich sind vielenorts die Segnungen der Flüsse oder des Meeres. Die schönste Wassersegnung aber wird jeweilen in der Karsamstagsliturgie bei der Taufwasserweihe vollzogen. Sie erinnert an die tiefsten Geheimnisse des ganzen christlichen Heilsgeschehens und Lebens. – Auch zu Ehren gewisser Heiliger wird Wasser gesegnet und verwendet, um den Schutz dieser Heiligen zu erhalten, so zu Ehren des heiligen Ignatius von Loyola, des heiligen Franz Xaver und anderer.

Eine besondere Erwähnung verdienen die Wunderquellen, die bei außerordentlichen Ereignissen zu fließen begannen und den Benützern zum Heile geworden sind und heute noch werden. Man denke zum Beispiel an die Quelle von Lourdes und die damit verbundenen Gnadenerweise!

Wenn wir alles Gesagte überschauen, verstehen wir einigermaßen, daß Tertullian in seiner Schrift über die Taufe sagen konnte: «Die Substanz des Wassers hat, vom Heiligen geheiligt, selber auch die Kraft zu heiligen empfangen», oder: «Jedes Wasser erlangt vermöge der alten Prärogative seines Ursprunges die geheimnisvolle Wirkung zu heiligen durch die Anrufung Gottes. Denn es kommt sofort der Geist vom Himmel darüber herab und ist über den Wassern, indem er sie aus sich selbst heiligt, und so geheiligt,

saugen sie die Kraft des Heiligmachens ein» (Tertullian, Über die Taufe, 4).

Das Wasser ist für uns nicht bloß ein irdisches Element, sondern es ist zugleich auch die Andeutung und die Verheißung höherer, herrlicher, göttlicher Dinge. Solange Gott uns das Wasser gibt, sind wir sicher, daß seine Barmherzigkeit kein Ende hat und daß er uns nicht vergißt und dem Bösen überläßt.

Vom Wasser und vom Wasserhaushalt der Erde

Dr. Alfred Bögli, Hitzkirch

Die Bedeutung des Wassers kann wohl kaum jemals überschätzt werden. Zudem sind mit ihm einige Eigenschaften und Zufälligkeiten verbunden, die geheimnisvolle Zusammenhänge errathen lassen. Sie sind alle irgendwie auch für den Wasserhaushalt von Bedeutung.

Flüssiges Wasser hat nur eine Existenzmöglichkeit zwischen 0° und 100°C ; das ist an sich nicht merkwürdig, hat doch der Mensch selbst Erstarren und Sieden des Wassers als Fixpunkte der Thermometerskala nach Celsius gewählt. Man übersieht jedoch meist, daß auf der Erde von allen möglichen Temperaturen zwischen der Weltraumkälte von -273°C und der Fixsternhitze von einigen hunderttausend Grad das Temperaturintervall von 0° bis 30°C in der Hauptsache eingehalten wird. Das Wasser bietet in diesem Temperaturbereich für die Eiweißverbindungen – Grundstoffe des Lebens – optimale Seinsbedingungen und Entwicklungsmöglichkeiten. Welch weiterer «Zufall», daß dieser Temperaturbereich seit mindestens zwei Milliarden Jahren ohne wesentliche Schwankungen eingehalten wurde! Eine Abkühlung der Erdoberfläche in dieser Zeit kann nicht bewiesen werden, gibt es doch sicher festgestellte Eiszeiten, die sich vor mehr als einer Milliarde Jahren abspielten.

Eine weitere Merkwürdigkeit ist das Verhalten des

Wassers bei Temperaturänderungen. Allerdings zieht es sich wie andere Stoffe beim Abkühlen zusammen, wenn auch von allen Flüssigkeiten am wenigsten. Aber bei 4 °C ändert sich das, und bei weiter zunehmender Kälte dehnt es sich wieder aus, ganz besonders beim Gefrieren. 1 kg Wasser füllt bei 15 °C 1,00087 Liter, bei 4 °C genau 1 Liter und bei 0 °C 1,00013 Liter. Eis nimmt sogar einen Raum von 1,0905 Liter ein. Kein anderer Stoff verhält sich so. Zöge sich das Wasser beim Gefrieren wie alle andern Stoffe zusammen, dann sänke das Eis auf den Grund der Gewässer. Das wärmere Tiefenwasser würde gegen null Grad abgekühlt. Die wärmenden Sonnenstrahlen dringen nicht tief genug ins Wasser ein, um dieses Eis zu schmelzen. Kämen im Jahre nur 10 cm Eis dazu, so wären in der Zeit seit Christi Geburt 196 m Eis entstanden und die meisten Schweizer Seen zu Eisklumpen erstarrt. Die Wirkung auf unser Klima wäre katastrophal. Dazu kommt, daß kaltes Wasser weniger stark verdunstet als warmes. Luft, die darüber hinstreicht, nimmt viel weniger Feuchtigkeit auf und brächte viel weniger Regen in die Kontinente hinein.

Eine weitere Eigentümlichkeit: Kein Stoff vermag so viel Wärme zu speichern wie das Wasser. Es enthält doppelt soviel wie Alkohol und dreißigmal mehr als Quecksilber, wenn man die drei Stoffe um den gleichen Betrag erwärmt. 1 kg Wasser speichert bei 1 °C Temperaturerhöhung eine Kilokalorie Wärme. Hätte das Wasser ein geringeres Wärmespeichervermögen, in der Fachsprache Wärmekapazität genannt, erwärmte es sich im Sommer um 40° bis 50 °C statt nur um 20° bis 25 °C. Die Folge wären Wolkenbrüche und Wirbelstürme. Andererseits kühlte es sich im Winter auch viel schneller ab, und es würde viel kälter als jetzt.

Kein Stoff braucht fürs Schmelzen so viel Wärme wie Wasser, doppelt soviel wie der nächststehende. Entsprechend gibt das Wasser beim Gefrieren auch viel Wärme ab, 80 Kilokalorien für jedes Kilo, genug, um Wasser von 0 °C auf 80 °C zu erwärmen. Darum weisen unsere Seegestade mildere Winter auf, als wenn sich die Wasseroberfläche schnell mit Eis bedeckte.

Aber auch im Verdampfen schlägt das Wasser alle Rekorde. 540 Kilokalorien sind notwendig, um 1 kg Wasser in die Gasform überzuführen. Auch diese Eigentümlichkeit verringert die Temperaturschwankungen unseres Wassers.

Uns scheint, das seien reichlich viel <Zufälle>, die in

ihrer Gesamtheit nicht nur ein Optimum für Erhaltung und Weiterentwicklung des Lebens bedeuten, sondern auch eine günstige Umwelt schaffen, in die dieses Leben eingebettet ist.

Der Wasserhaushalt der Erde ist eng mit der Klimakunde verbunden und kann ohne sie nicht überblickt werden. Temperatur und Winde sind darin mit dem Wasser gleichberechtigte Faktoren, und nicht zuletzt spielt auch das Gestein der Erde eine wichtige Rolle.

Das Meer ist die hauptsächlichste Quelle des Wasserdampfes. Allerdings trägt die Verdunstung auf dem Festlande mehr als einen Viertel bei. Je höher die Temperatur des Wassers, um so mehr verdunstet davon. Die Verdunstungsgröße wird durch den Druck des entstehenden Wasserdampfes gemessen. Er steigt von 0° bis 10 °C auf das Doppelte, bis 20 °C auf das Vierfache und bis 40 °C auf das Einundzwanzigfache. Es ist jedoch vorteilhafter anzugeben, wieviel Wasserdampf sich bei einer bestimmten Temperatur in einem Kubikmeter Luft bei Atmosphärendruck befindet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Wasserdampfmenge in Gramm im Kubikmeter Luft bei Atmosphärendruck

t °C Wassermenge		t °C Wassermenge		t °C Wassermenge	
-10°	2,1 g	10°	9,4 g	30°	30,3 g
- 5°	3,2 g	15°	12,8 g	35°	39 g
0°	4,8 g	20°	17,3 g	40°	49 g
5°	6,8 g	25°	23 g		

Im ersten Hinschen scheint die Wassermenge im Kubikmeter klein zu sein, geradezu bedeutungslos. Bedenkt man aber, daß in einer Luftsäule von 1000 m Höhe ebenso viele Kilogramm enthalten sind, dann erkennt man erst das ungeheure Ausmaß der Wassermenge in der Atmosphäre. Ein Wind von 10 m/sek Geschwindigkeit treibt in der Stunde 3600 · 10 · 1000 m³ Luft in den untern 1000 m über jeden Quadratmeter unseres Landes. Das sind 36000000 m³. Würde dabei auf den Quadratmeter auch nur ein Millionstel des Wassergehaltes ausgeschieden, machte das bei 20 °C immer noch 623 g/m² aus. Das gäbe bei einem 24stündigen Landregen 15 mm Niederschlag, eine respektable Menge. Auf 100 km Distanz würde etwa ein Zehntel des Wassers in der Luft ausgeschieden, was nur eine Temperaturerniedrigung um 1,7 °C erforderte. Nun kühlt sich die Luft aber

am Alpenkamm infolge Aufstieges um ein Vielfaches davon ab. Damit steigt hier die Niederschlagsmenge beträchtlich.

Um uns ein Bild von der gesamten Wassermenge über einem bestimmten Gebiete zu machen, rechnen wir jene über dem Seetal aus. Von Ballwil bis Seon sind es etwa 150 km², seine mittlere Höhe beträgt 500 m. Die Bodentemperatur sei 20 °C. Die Luftsäule betrage 4000 m und die Luftfeuchtigkeit 80%. Wegen des abnehmenden Luftdruckes kann der Wert aus Tabelle 1 nur zu 75% eingesetzt werden. Außerdem beträgt die mittlere Lufttemperatur 10 °C. In jedem Kubikmeter Luft befinden sich demnach $9,4 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \text{ g} = 5,64 \text{ g}$ Wasser. Bei 4000 m Höhe sind es daher 22,56 kg. Über den 150 km² des Seetales befinden sich in der Luft 3 384 000 m³ Wasser, das ist nahezu die Wassermenge des Zürichsees.

Die jährlichen Niederschlagsmengen geben ein ungenügendes Bild vom Wasserhaushalt eines Gebietes. Bedenken wir, daß 25 cm Niederschlag bei tiefen Durchschnittstemperaturen in Sibirien Sumpfwälder hervorrufen, bei hohen aber höchstens für Steppen ausreichen. Dort ist die Verdunstung gering, und das Wasser steht fast restlos für Pflanzen und Gewässer zur Verfügung, hier jedoch entzieht sie dem Boden fast alles Wasser, so daß abflußlose, salzige Seen entstehen. Für das schweizerische Mittelland können die Jahresdurchschnitte nach Engler (Tabelle 2) als Richtschnur gelten.

	Wald	Wiese
Verdunstung des Erdbodens	5%	25%
Verdunstung auf Pflanzen	15%	10%
Verdunstung durch die Pflanze	20%	5%
Total der Verdunstung	40%	40%
Oberflächlich ab rinnendes Wasser	20%	40%
Einsickerndes Wasser	40%	20%
Gesamtabfluß	60%	60%

Aus dieser Tabelle läßt sich die Bedeutung des Waldes leicht herauslesen. Er fördert das Einsickern und damit die Konstanz der Quellen. Gleichzeitig verhindert er dadurch auch die Hochwasser.

Die Werte weichen im einzelnen beträchtlich von den obigen ab. Die Verdunstung kann in Deutschland bis 70% des Niederschlages erreichen, weil die Hauptniederschläge in der warmen Jahreszeit fallen. Den Gegensatz hierzu bilden die Alpenflüsse, deren Einzugsgebiet wegen der großen Höhe niedrige

Temperaturen aufweist. Gletscherflüsse können bis 90% des Niederschlages wegführen. Der Rhein bringt es an der Mündung in den Bodensee auf 80%, die Reuß bei Flüelen auf 79%.

Der einsickernde Anteil speist Quellen und Grundwasser. Daraus schöpfen wir unser Trink- und Brauchwasser. Aber schon muß man dazu übergehen, Oberflächenwasser zu nutzen. Die Städte an den Seen greifen auf das Seewasser zurück, und anderen Städten wird dies die letzte Rettung vor Wassermangel sein. Stuttgart holt sich sein Trinkwasser bereits aus dem Bodensee.

Zur Zeit gilt für eine städtische Siedlung ein Wasserbedarf pro Kopf und Tag von 300 bis 400 Liter. Dieser große Anspruch geht auf die Zunahme der Industrien und auf die moderne Reinigungsart zurück. Da kann man sich schon fragen, ob beispielsweise die Bevölkerung des Amtes Luzern mit dem nichtverdunstenden Niederschlagsanteil auskommen könne. Hier wohnen 120 600 Menschen auf einer Fläche von 260 km². Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beläuft sich auf 130 cm im Jahr, wovon 40% verdunsten. Somit verbleiben noch 0,78 m³ Wasser auf den Quadratmeter. Auf den 260 km² erreicht der jährliche Gesamtabfluß daher 202 800 000 m³. Für die 120 600 Bewohner – in der Annahme, der Verbrauch sei für großstädtische Verhältnisse berechnet – müssen 176 076 000 m³ im Jahr bereitgestellt werden. Der Gesamtabfluß ist 11,5mal größer als der Bedarf. Die Verhältnisse sind hier also noch recht günstig, vor allem, wenn man den See als große Wasserreserve einsetzen kann. Außerdem liegen ringsherum Gebiete mit kleinem Wasserverbrauch.

Für den Kanton Zürich sieht die Lage etwas anders aus. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag erreicht nur 110 cm, und die Verdunstung dürfte 50% ausmachen. 1960 wohnten 952 304 Menschen in einem Raume von 1728,9 km². Die Bevölkerung verbraucht unter der Annahme von 400 Liter/Tag 139 036 384 m³ Wasser. An Niederschlagswasser stehen 95 089 500 m³ zur Verfügung. Das ist nur 6,8mal mehr als der heute vorgesehene Maximalbedarf. Die Bevölkerung und die Industrien werden immer größer, und der Wasserbedarf steigt weiter. Wenn schon der siebente Teil des Wassers zu Abwasser wird, dann steht es schlecht um unsere Flüsse, auch dann, wenn aus dem Alpengebiet zusätzlich Wasser zufließt. Gewässerschutz und Kläranlagen werden so zu einem unaufschiebbaren Kardinalpro-

blem, soll nicht die Wasserversorgung im bisherigen Ausmaße unmöglich werden.

Ein Blick auf den Wasserhaushalt der Erde als Ganzes zeigt gewaltige Zahlen, die nicht als exakte, sondern als geschätzte Werte genommen werden dürfen. Aus den Meeren verdunsten $334\,000\text{ km}^3$ Wasser, von den Kontinenten weitere $62\,000\text{ km}^3$. Davon fallen auf die Ozeane zurück $297\,000\text{ km}^3$, während die Kontinente $99\,000\text{ km}^3$ empfangen. Da jeder Kubikkilometer eine Milliarde Kubikmeter enthält, wirken diese Zahlen geradezu erschlagend. Sie sind jedoch unserer Vorstellung nicht mehr zugänglich und daher eher blutleer. Etwas vorteilhafter ist die andere Berechnung (nach *G. Wuest*). Jährlich verdunsten 93 cm Wasser aus unsern Ozeanen, und nur 82 cm fallen wieder als Niederschläge zurück. Auf den Kontinenten verdunsten dagegen nur 42 cm, während sie 67 cm empfangen. Die Differenz von 25 cm fließt dem Meere zu. Im Durchschnitt verdunsten daher auf den Kontinenten 63 %, während der Gesamt- abfluß 37 % beträgt.

Das Eis bietet ein weiteres wichtiges Problem des Wasserhaushaltes der Erde. Während der Eiszeiten wurde viel Wasser als Gletschereis auf den Kontinenten festgehalten. Das skandinavische Eis war über 4000 m mächtig, und über der Hudsonbay türmte es sich sogar 5500 m hoch auf. Es reichte weit südwärts über die Großen Seen hinaus und bis gegen New York. Dazu kamen auch damals schon Grönland und die Antarktis. Das entzog dem Meere so viel Wasser, daß der Spiegel in der letzten Eiszeit um 80 bis 100 m tiefer stand als heute. Die Nordsee lag trocken, die großen Sundainseln waren miteinander verbunden, und das Gelbe Meer existierte noch nicht.

Im nacheiszeitlichen Klimaoptimum war es wärmer als heute, und das Meer stand um einige Meter höher. Immer wieder hört man sagen, es wäre doch so schön, wenn das Klima allgemein wärmer würde. Das ist nach diesem kalten Maien verständlich. Aber das ist nun wohl der gefährlichste Wunsch, den die Menschheit mit scheinbar gutem Gewissen haben könnte. Die Folge wäre ein Abschmelzen des Eises in Grönland und in der Antarktis. Der Meeresspiegel höbe sich nach *Bauer* um 54 m. Es können aber auch 20 m mehr sein, denn man entdeckte während des Geophysikalischen Jahres, daß die Eisschicht der Antarktis viel mächtiger ist, als man früher vermutete. Die Hebung des Meeresspiegels wäre die größte Katastrophe, die die Menschheit bisher erlebte, und furchtbares Elend käme über sie. Die großen Küsten-

städte, fruchtbare Tiefländer, Wohnstätten von Hunderten von Millionen Menschen versänken im Meer. Heute ist in der Atomenergie den Menschen ein Mittel in die Hand gegeben, diese Eiskeller der Erde zu schmelzen. Seien wir froh, daß noch niemand im Ernst an eine solche wahnwitzige Tat heranging. Jede Störung im Wasserhaushalt der Erde gefährdet den Menschen, sei es durch Verschmutzung des Wassers, sei es durch eine zahlenmäßige Änderung in der Menge oder in der Verteilung.

Was geht in unseren Seen vor?

H. Eschmann, Kantonschemiker, Zug

Wasser gehört mit zu den ersten Voraussetzungen, daß überhaupt ein Stück Land von Menschen besiedelt werden kann. Dieses Wasser muß jedoch gleichzeitig gewisse Reinheitsanforderungen erfüllen, um als Trink- oder Gebrauchswasser verwendet werden zu können, und zwar gleichgültig, ob es an Hängen als Quelle zutage tritt, aus der Tiefe eines Tales als Grundwasser emporgepumpt wird, ob es in Bächen oder Flüssen zu Tal fließt oder sich irgendwo als See staut. Diese Forderung an Reinheit bezieht sich dabei sowohl auf chemische wie physikalische Komponenten wie auch auf die bakteriologisch-hygienische Richtung. Überall dort, wo diese Anforderungen erfüllt waren, haben sich Städte und Dörfer entwickelt, Gewerbe und Industrie haben sich ausgedehnt, und Wohlstand und Kultur sind aufgeblüht.

Parallel zu dieser Entwicklung lief aber gleichzeitig auch diejenige der Verschmutzung des Wassers, gibt doch der Mensch gleich viel Wasser, das er in irgendeiner Art verwendet, wiederum der Natur als Abwasser zurück. Dies geschieht dabei meist in der Weise, daß das Schmutzwasser mittelst einer Kanalisation oder auch durch einen offenen Graben dem nächsten Gewässer, sei es See oder Fluß, zugeleitet wird. Vor hundertfünfzig Jahren noch, als die