

# Wasserwirtschaft in Japan und Deutschland

Johannes EFFENBERGER  
TU Dresden  
Okayama University

## Einleitung

Wasserwirtschaft bezeichnet die Bewirtschaftung und Handhabung der Ressource Wasser durch den Menschen. Nach NACE (1960), zit. in Mattheß (1983), entsprechen die Wasserreserven auf der Erde einem Volumen von ca. 1.358.710.150 Mrd. m<sup>3</sup> ( $\approx 1,36 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 = 1,36 \text{ Mrd. km}^3$ ). Davon entfallen etwa 97,2 % auf Salzwasser, 2,15 % auf Süßwasser als Eis und nur 0,65 % auf frei verfügbares Süßwasser ( $\approx 8,83 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$ ). Glücklicherweise sorgt die Energie der Sonne dafür, dass sich dieser geringe Anteil des Süßwassers ständig regeneriert, andernfalls wären die weltweiten Süßwasserreserven bald aufgebraucht. Mit einem Anteil von 97,55 % stellt das Grundwasser den weltweit größten Speicher für das verfügbare Süßwasser dar. Hierauf folgen Oberflächengewässer (Seen, Flüsse, Ströme) mit 1,50 %. Der Rest setzt sich zusammen aus Feuchtigkeit im Boden und Wasserdampf in der Atmosphäre. Allerdings ist die Verteilung zwischen ober- und unterirdischen Wasservorräten nicht überall auf der Erde gleich, so dass es Regionen gibt, die ihre Wasserversorgung nicht aus dem Grundwasser aufbauen können.

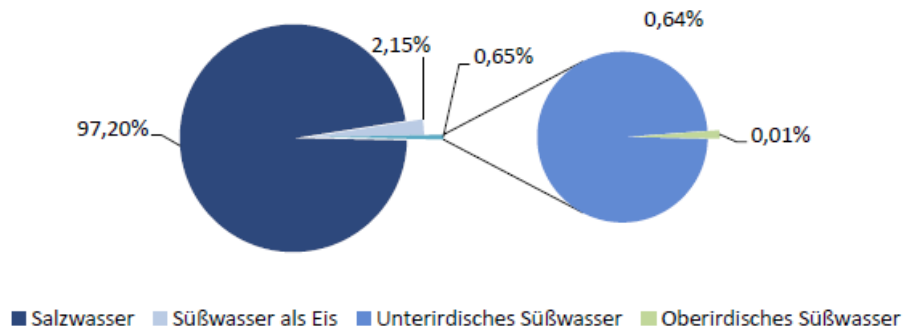


Abbildung 1 Verteilung der Ressource Wasser (Quelle: IGW)

## Der Wasserhaushalt

Die Bestimmung des Wasserhaushalts oder der Wasserbilanz dient im Allgemeinen der Ermittlung des nachhaltig nutzbaren Wasservolumens für einen gewissen Zeitraum. Die Größen, die in den Wasserhaushalt einfließen sind Niederschlag (P), Zuflüsse ( $R_i$ ) und Abflüsse ( $R_o$ ), Änderung des gespeicherten Volumens ( $\Delta S$ ), Verdunstung (Evaporation – E) und Transpiration (T) durch Pflanzen. Während Niederschläge sowie Zu- und Abflüsse messtechnisch relativ gut bestimmt werden können, ist für die Evaporation und die Transpiration eine Bestimmung nur kleinskalig (bspw. an einem Baum) möglich. Daher werden diese beiden Größen zur Evapotranspiration (ET) zusammengefasst und als Restglied ermittelt oder über unterschiedliche Ansätze (meist empirisch) abgeschätzt. Für langjährige Betrachtungen wird die Speicherung im Mittel als konstant angenommen (Speicheränderung nimmt den Wert null an).

Für Japan und Deutschland ergeben sich somit folgende Gleichungen:

$$D: P(\approx 700\text{mm/a}) + R_i(\approx 135\text{mm/a}) = ET(\approx 580\text{mm/a}) + R_o(\approx 255\text{mm/a})$$

$$J: P(\approx 1720\text{mm/a}) + R_i(\approx 0\text{mm/a}) = ET(\approx 610\text{mm/a}) + R_o(\approx 1110\text{mm/a})$$

Da Japan keine Zuflüsse besitzt, nimmt der Zufluss  $R_i$  den Wert null an. Die Flächen der beiden Länder sind etwa gleich, daher ergibt sich als Summe aus Zufluss und Niederschlag für Japan etwa die doppelte Menge des Wassers Deutschlands. Nach Abzug der Verdunstung bleibt als verfügbare Wassermenge Deutschlands nur noch etwa ein Viertel der Wassermenge Japans übrig. Berücksichtigt man außerdem das Verhältnis der Einwohnerzahlen der beiden Länder (D : J = 8 : 13), so wird ersichtlich dass jedem Einwohner in Japan theoretisch etwa 2,5 mal so viel Wasser zur Verfügung steht wie in Deutschland.

Da hierzulande prinzipiell kein Wassermangel herrscht, sollte man aufgrund der genannten Zahlen davon ausgehen können, dass auch in Japan die Wasserversorgung gesichert ist. Tatsächlich gibt es aber in Japan immer wieder Situationen, in denen Versorgungsengpässe auftreten und die Wasserverteilung unter Umständen sogar total ausfällt. Hierfür sind die Dynamik des Wassertransports und die Wiederverwendung von wesentlicher Bedeutung.

Zwar wird häufig vom Wasserverbrauch geredet, tatsächlich handelt es sich dabei aber meist um einen Gebrauch des Wassers, da das Wasser nach der Nutzung weiterhin vorhanden ist. Das gebrauchte Wasser wird dann im Allgemeinen nach einer Aufbereitung den Flüssen zugeführt, von denen aus es weiter stromab unter Umständen wieder entnommen und aufbereitet werden kann. Je mehr Entnahmestellen sich entlang eines Fließgewässers befinden, desto wahrscheinlicher wird eine Wiederverwendung von bereits einmal verwendetem Wasser.

Die Dynamik, also die Geschwindigkeit mit der ein System reagiert, ist prinzipiell ein Resultat unterschiedlicher geografischer Faktoren und regional sehr variabel. Als wesentliche Faktoren sind Bodenbeschaffenheit, Landnutzung, Gefälle und Größe des betrachteten Systems zu nennen. Als Beispiel soll der Vergleich einer versiegelten Fläche im urbanen Raum mit einer unversiegelten Fläche in der freien Natur bei gleicher Größe, gleichem Gefälle und bei einem identischen Regenereignis dienen. Der Regen, der auf die unversiegelte Fläche fällt, infiltriert zunächst in den Boden, wo er teilweise aufgehalten wird und zur Bildung von Bodenfeuchtigkeit führt. Das überschüssige Wasser sickert weiter nach unten bis es gegebenenfalls das Grundwasser (mit Wasser gesättigte Zone des Bodens) erreicht und von dort aus langsam im unterirdischen Raum abfließt und gegebenenfalls dem nächsten Gewässer zugeführt wird. Im Gegensatz dazu kann das Wasser auf der versiegelten Fläche nicht in den Boden eindringen. Hier kommt es nach der vollständigen Benetzung der Oberfläche und dem Auffüllen der Unebenheiten zu einem Abfließen des Wassers an der Oberfläche entlang des größten Gefälles. Für gewöhnlich wird das abfließende Wasser gesammelt und der Kanalisation zugeführt, von wo aus es zügig in das nächstgelegene Gewässer eingeleitet wird. Bei gleicher Fließstrecke ist die Dauer, bis der Regen das Gewässer erreicht, bei der versiegelten Fläche sehr viel kürzer.

Typische Fließgeschwindigkeiten liegen bei Oberflächenabfluss im Bereich von 0,1 m/s (Untertläufe von Flüssen) bis 3 m/s (Gebirgsbach). Im unterirdischen Raum sind die Fließgeschwindigkeiten dagegen deutlich geringer und liegen für gut durchlässige Grundwasserleiter typischerweise im Bereich von 0,0001 m/s bis 0,01 m/s. Die Aufenthaltsdauer des Regenwassers auf dem Land ist also um ein Vielfaches höher, wenn das Wasser im Boden transportiert wird. Je länger das Regenwasser auf dem Festland verbleibt, desto länger hat der Mensch die Möglichkeit dieses Wasser zu nutzen um damit z. B.

Dürreperioden zu überbrücken. Für die Sicherheit der Wasserversorgung einer Region ist somit die Verteilung des Abflusses auf Oberfläche und Untergrund von besonderer Bedeutung.

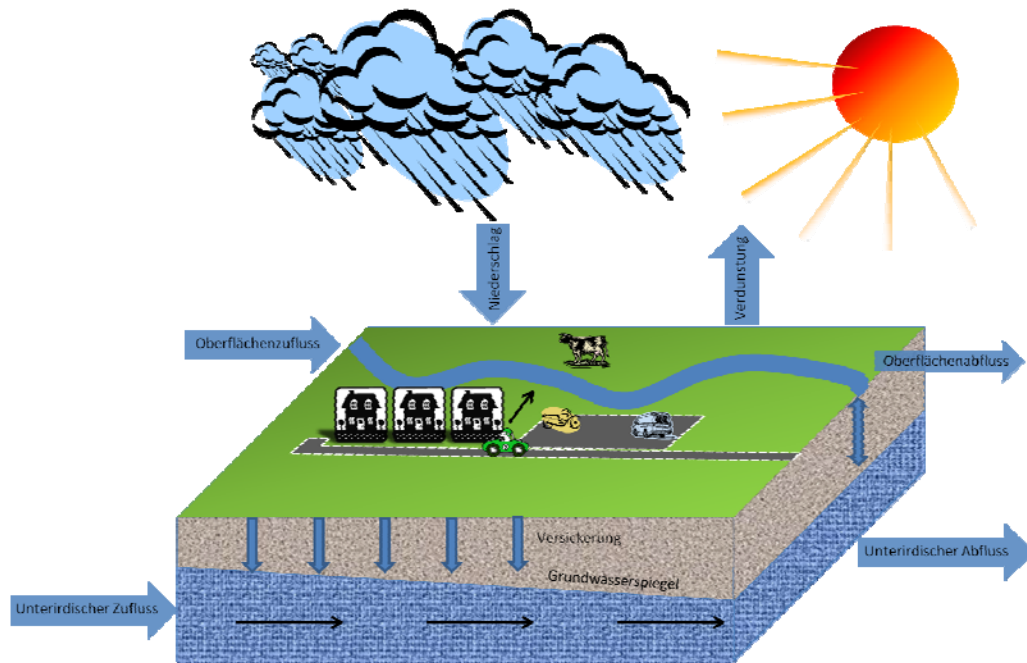


Abbildung 1 Beispiel für die Einflussgrößen des Wasserhaushalts

Zwischen Japan und Deutschland besteht ein gravierender Unterschied in der Herkunft des Trinkwassers. Während die deutsche Wasserversorgung hauptsächlich aus Grundwasser aufgebaut wird, entammt das japanische Wasser hauptsächlich Oberflächengewässern.

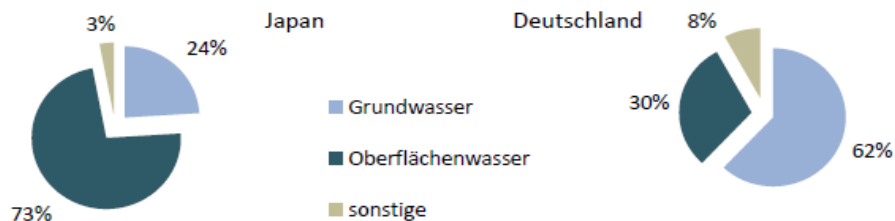


Abbildung 3 Anteil des Trinkwassers nach Herkunft (Quelle: jap. Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Sozialwesen; BDEW-Wasserstatistik)

## Die Ursachen

*Das Relief* ist wahrscheinlich die wichtigste Ursache für diesen Unterschied. Als Teil der eurasischen Kontinentalplatte wurde die Oberflächenform Deutschlands deutlich von den vergangenen Eiszeiten geprägt. Hierdurch hat sich ein Süd-Nord-Gefälle von den Alpen bis zur Nord- bzw. Ostsee ausgebildet. Im Unterschied dazu ist Japan ein aus dem Meer ragendes Gebirge am Rand des pazifischen Feuergürtels, dessen Hauptgefälle etwa von der Gebirgsachse der Inseln zum Meer gerichtet ist. Mit einer Breite bis 240 km ergibt sich für die Insel Honshū eine Entfernung von lediglich 120 km von der Gebirgsachse bis zum Meer. Mit einer geschätzten Höhe von 1800 m für repräsentative Berge der Gebirgsachse ergibt sich hieraus ein mittleres Gefälle von etwa 1,5 %. Im Vergleich dazu beträgt das Gefälle von der Zugspitze bis zur Nord- bzw. Ostsee im Mittel nur etwa 0,3 %. Diese Betrachtung ist stark vereinfacht und soll lediglich zur Illustration des Unterschiedes beitragen.

Eine genauere Darstellung ist in Abbildung 4 enthalten. Hier werden unterschiedliche Flussverläufe miteinander verglichen. Dabei wird zum einen deutlich, dass japanische Flüsse im Allgemeinen wesentlich kürzer sind als ein typischer deutscher Fluss (hier Beispiel Rhein). Zum anderen erkennt man aber auch, dass das Gefälle der japanischen Flüsse häufig in etwa so hoch ist, wie das der Oberläufe anderer Flüsse (bspw. Rhein oder Loire). Außerdem ist an den Knickpunkten zu erkennen, dass viele japanische Flüsse, wie auch der Rhein, künstlich begradigt worden sind.

Das Gefälle wirkt auf das Abflussgeschehen in zweierlei Hinsicht. Einerseits bewirkt ein hohes Gefälle ein schnelles Abfließen des Wassers an der Oberfläche. Andererseits verringert sich bei einem hohen Gefälle der Anteil des Wassers, das im Untergrund abfließt, wodurch dieses Wasser insgesamt schneller abgeleitet wird. Die Länge der Flüsse ist ein guter Anhaltspunkt, um die Strecken, die ein Tropfen bis zum Meer zurücklegt, zu vergleichen. Demnach ist neben den erhöhten Fließgeschwindigkeiten in Japan auch eine im Vergleich zu deutschen Verhältnissen sehr kurze Fließstrecke festzustellen. Beides bewirkt eine verhältnismäßig schnelle Entwässerung des Landes, wodurch Japan insgesamt relativ anfällig gegenüber Dürreperioden und Überschwemmungen durch Extremregenereignisse ist.

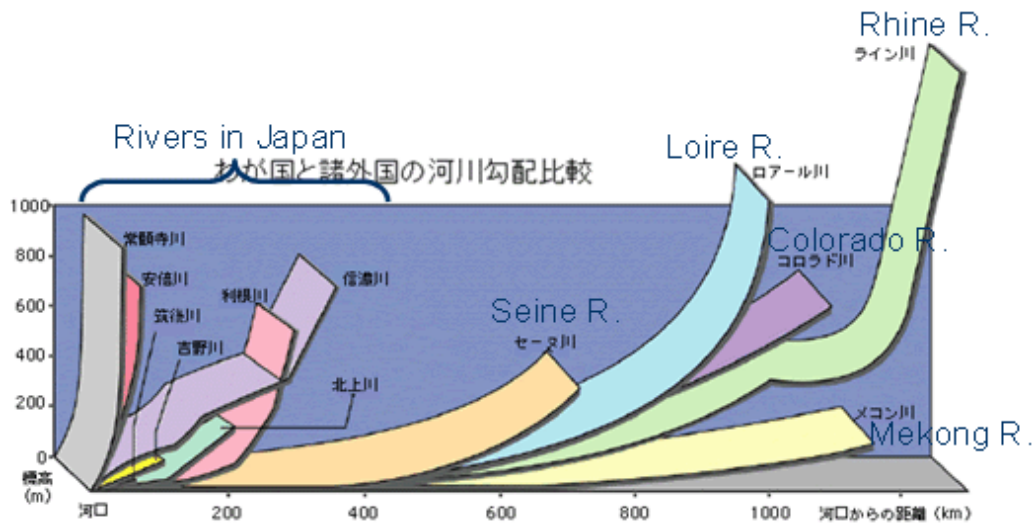


Abbildung 2 Flussprofile (Quelle: jap. Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Sozialwesen)

Für die Wasserversorgung bedeutet dies, dass nur ein relativ geringer Anteil des Niederschlagswassers für die Grundwasserbildung zur Verfügung steht. Dies wird durch Daten der FAO belegt, aus denen auch hervorgeht, dass der Wasserbedarf Japans nicht mit Grundwasser zu decken wäre (Tabelle 1). Allerdings erlaubt das Relief auch den Bau vieler Talsperren, mit denen das abfließende Oberflächenwasser aufgefangen wird.

		Japan	Deutschland
Grundwasserbildung [m <sup>3</sup> /a]		27 · 10 <sup>9</sup>	45,7 · 10 <sup>9</sup>
Oberflächenwasserbildung [m <sup>3</sup> /a]		420 · 10 <sup>9</sup>	106,3 · 10 <sup>9</sup>
Wasserverbrauch (2001) [m <sup>3</sup> /a]	Trinkwasser	17,4 · 10 <sup>9</sup>	5,4 · 10 <sup>9</sup>
	Industrie	15,8 · 10 <sup>9</sup>	32,6 · 10 <sup>9</sup>
	Landwirtschaft	56,8 · 10 <sup>9</sup>	1,1 · 10 <sup>9</sup>

Tabelle 1 Daten zum Wasserverbrauch und dem Wasserangebot für Japan und Deutschland (Quelle: FAO)

Die Wasserqualität ist eine weitere Ursache für die unterschiedliche Ausrichtung der beiden Länder. In Deutschland finden sich Siedlungsgebiete insbesondere entlang der Flüsse. Dadurch weist das Flusswasser einer Siedlung häufig Gebrauchsspuren einer im Flussverlauf oberhalb liegenden Siedlung auf. Einleitungen von Schad-

stoffen oder geklärten und ungeklärten Abwässern wirken sich also auf die weiter unten liegenden Gemeinden aus und es kann zu einer Anreicherung von schädlichen Substanzen, Krankheitserregern, aber auch pharmazeutischen Spurenstoffen kommen. Je länger die Fließstrecke des Flusses bis zur betrachteten Siedlung ist, desto höher ist häufig das Risiko einer Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch den Gebrauch von Flusswasser. Eine Kontrolle kann dann außerdem dadurch erschwert sein, dass sich die oberhalb liegenden Einleiter in anderen Bundesländern, gegebenenfalls sogar in anderen Staaten befinden (z. B. Elbe). Berücksichtigt man, dass der Boden auf das Grundwasser wie ein Filter wirkt, so wird ersichtlich, dass Grundwasser in Deutschland häufig sicherer ist als Flusswasser. Da japanische Flüsse verhältnismäßig kurz sind und sich Siedlungen im Allgemeinen eher am Küstenverlauf als am Flussverlauf orientieren, ist das Risiko durch eine Vornutzung des Flusswassers hier nicht in diesem Maße gegeben. Dadurch verringert sich allerdings auch der Grad der Wiederverwendung des Wassers. Insgesamt ist die Qualität des japanischen Flusswassers häufig so gut, dass eine Aufbereitung zu Trinkwasser unproblematisch ist.

*Großflächige Setzungserscheinungen* können ebenfalls eine Ursache für den Verzicht auf Grundwasser sein und sollen den Abschluss der Ursachenbetrachtung bilden. Bei der Förderung von Grundwasser senkt sich der Grundwasserspiegel um die Förderstelle trichterförmig ab. Im Bereich dieses sogenannten Absenkungstrichters erhöht sich die Wichte des Bodens, da der Auftrieb verschwindet. Dadurch wirken größere Spannungen in den tiefer liegenden Bodenschichten, die Setzungen, also ein irreversibles Absinken des Bodens, verursachen können. In der Folge können Schäden an Gebäuden auftreten. Eine weitere Gefahr ist spezifisch für Küstengebiete. Hier kann es notwendig werden den Grundwasserspiegel dauerhaft abzusenken, um das Gebiet trocken zu halten. Durch die damit einhergehenden Setzungen, kann eine weitere Grundwasserabsenkung notwendig werden, was zu neuerlichen Setzungen führt, so dass sich die Setzung selbst antreibt. Aufgrund dieser Problematik ist man in Japan bestrebt, die Entnahme von Grundwasser insgesamt zu verringern.

## Die Folgen

Neben der zur Aufbereitung eingesetzten Technik wirkt sich die unterschiedliche Ausrichtung insbesondere auf die Maßnahmen zur Sicherung der Versorgung sowie auf die Versorgungssicherheit selbst aus.

Für die Nutzung von Grundwasser ist die Kenntnis der Strömungsvorgänge im Untergrund sowie der Bodenbeschaffenheit besonders wichtig. Hierdurch lassen sich Schutzzonen um eine Grundwasserfassung festlegen, mit denen der Eintrag von ungewollten Stoffen durch Landnutzung (z. B. Landwirtschaft) oder Unfälle verringert werden. Außerdem lassen sich so nachhaltige Nutzungsmengen festlegen. Ausreichende Kenntnis der Bedingungen im Boden ist immer auch mit einer aufwendigen Untersuchung der Untergrundverhältnisse verbunden (z. B. Bohrungen, Pumpversuche). Bei geeigneten Standorten lässt sich im Allgemeinen ein mikrobiologisch unbedenkliches Rohwasser gewinnen, dessen chemische und physikalische Qualität annähernd konstant ist. Bei ungeeigneten Standorten können aber auch geogene Verunreinigungen mit Schwermetallen (z. B. Arsen) auftreten, die ein gesundheitsschädigendes Potential haben. Durch die konstante und häufig hohe Qualität des Grundwassers ist es möglich die Aufbereitung zu Trinkwasser mit einfachen Mitteln, ggf. sogar ohne den Einsatz von Chemikalien, zu bewerkstelligen.

Für die Nutzung von Oberflächenwasser ist es wichtig, sowohl die Qualität als auch die Quantität der Oberflächengewässer zu sichern. Neben einer effektiven Abwasserbehandlung wird es häufig notwendig Trinkwassertalsperren zu errichten, mit denen neben der Speicherwirkung unter Umständen auch eine gewisse Qualitätssteigerung erreichbar ist. Mit der Errichtung von Talsperren geht aber immer auch ein massiver Einschnitt in die Ökologie einer Landschaft einher. Oberflächengewässer sind häufig unterschiedlichsten Schwankungen in Qualität und Quantität unterworfen, wodurch die Aufbereitungstechnik sehr flexibel sein muss. Beispielsweise kann es im Sommer zu massivem Algenwachstum kommen, womit eine allgemeine Verschlechterung der Qualität einhergeht (Geruch, Geschmack, Farbe, evtl. Toxine und Abbauprodukte). Regenereignisse können zu drastischen Qualitätseinbußen führen, wenn das Wasser eines Flusses zur Trinkwasserversorgung verwendet wird.



Durch den erhöhten Oberflächenabfluss als Folge starker Regenereignisse schleppt das abfließende Wasser Schmutz- bzw. Bodenpartikel mit sich. Durch den massiven Eintrag von Schmutzpartikeln in die Trinkwasseraufbereitungsanlage kann es zu einer Überlastung der Schwebstoffentfernung kommen. Das Wasser, das zum Verbraucher transportiert wird, enthält dann Trübstoffe, an denen Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Protozoen) lagern können. In diesem Überlastungsszenario folgt letztlich die Außerbetriebnahme der Versorgung aus dem Flusswasser, da eine Unbedenklichkeit des Wassers nicht gewährleistet ist. Insbesondere können sich auch Dürreperioden auf die Versorgungssicherheit auswirken. Dies ist dann der Fall, wenn eine Dürreperiode länger anhält, als für das errichtete Speichervolumen vorgesehen. In der Folge kommt es zu Nutzungsbeschränkungen und ggf. zum Totalausfall der lokalen Wasserversorgung. In Japan ist es in der Vergangenheit zu Versorgungsengpässen gekommen, sowohl aufgrund von Extremregenereignissen als auch aufgrund von Dürreperioden. Daher wird in manchen Gebieten (z. B. Fukuoka-Hakata) die Trinkwassergewinnung durch Entsalzung von Meerwasser ausgebaut, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

## Quellen

- Ministry of Health, Labour and Welfare (Japan); *Water Supply in Japan*, Stand 2011, [http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water\\_supply/menu.html](http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/menu.html)
- Ministry of the Environment (Japan)  
<http://www.env.go.jp/en/wpaper/>  
<http://www.env.go.jp/en/wpaper/1989/eae180000000020.html>  
<http://www.env.go.jp/en/wpaper/1990/eae190000000035.html>
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japan); *Water Resources in Japan*, [http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/water\\_resources/index.html](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/water_resources/index.html)
- Japan Water Works Association (JWWA); *Water Supply in Japan 2009*, [http://www.jwwa.or.jp/jigyoku/kaigai\\_file/2009WaterSupplyInJapan.pdf](http://www.jwwa.or.jp/jigyoku/kaigai_file/2009WaterSupplyInJapan.pdf)
- Japan Water Agency; <http://www.water.go.jp/honsya/honsya/english/index.html>
- Japan External Trade Organization (JETRO); [http://www.jetro.go.jp/tppoas/special/env\\_rep\\_english/env\\_rep\\_02.html](http://www.jetro.go.jp/tppoas/special/env_rep_english/env_rep_02.html)

- Fukuoka District Waterworks Agency; <http://www.f-suiki.or.jp/english/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Aquastat Datenbank; <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; *Wasserfakten im Überblick*, Stand 2011; [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_Wasserfakten\\_im\\_ueberblick/\\$file/11%2001%2012%20Wasserfakten%20im%20%20%20%C3%9Cberblick%20-%20%20Januar%202011.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Wasserfakten_im_ueberblick/$file/11%2001%2012%20Wasserfakten%20im%20%20%20%C3%9Cberblick%20-%20%20Januar%202011.pdf)
- Institut für Grundwasserwirtschaft (IGW), Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden; *Dynamik des unterirdischen Wassers*; Vorlesungsskript; Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. habil. W. Walther, Dipl.-Ing. M. Pätsch, Dipl.-Ing. C. Konrad; Stand 2008.
- Institut für Grundwasserwirtschaft (IGW), Prof. Dr. Rudolf Liedl; *Grundlagen der Wasserbewirtschaftung/Einführung in die Wasserbewirtschaftung*; Vorlesungsmaterialien.
- Institut für Hydrologie und Meteorologie (IHM), Prof. Dr. Christian Bernhofer, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden; *Grundlagen der Meteorologie*; Lehrmaterial zur Vorlesung
- Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft (ISI), Prof. Dr. Peter Krebs, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden; *Abwasserentsorgung I Teil Siedlungshydrologie*; Vorlesungsskript.
- Matthess G., Ubell K., *Lehrbuch der Hydrogeologie*, Band 1, Allgemeine Hydrologie, Grundwasserhaushalt, Gebrüder Borntraeger Berlin, Stuttgart, 1983.

Wikipedia-Links:

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserverbrauch>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Water_cycle)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Subsidence>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Groundwater-related\\_subsidence](http://en.wikipedia.org/wiki/Groundwater-related_subsidence)  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Grundwasserabsenkung>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Setzung>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Konsolidation\\_%28Bodenmechanik%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Konsolidation_%28Bodenmechanik%29)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Japan>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Geographie\\_Japans](http://de.wikipedia.org/wiki/Geographie_Japans)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Geografie\\_Deutschlands](http://de.wikipedia.org/wiki/Geografie_Deutschlands)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Infiltrationskapazit%C3%A4t>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Oberfl%C3%A4chenabfluss>

weitere Links:

<http://www.japanfs.org/en/mailmagazine/newsletter/pages/030099.html>