

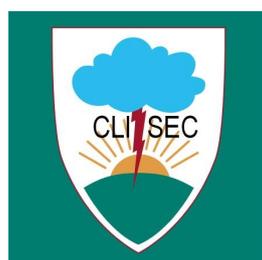


Christian Alwardt

*Wasser als globale Herausforderung:
Die Ressource Wasser*

University of Hamburg
Research Group Climate Change and Security

Working Paper
CLISEC-11



Wasser als globale Herausforderung.
Die Ressource Wasser

Christian Alwardt

IFSH / Universität Hamburg
Mai 2011

Dieser Beitrag ist als Working Paper unter dem Titel
„Wasser als globale Herausforderung - Die Ressource Wasser“
zeitgleich erschienen als:

IFAR Working Paper No. 17,

Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg,
Juni 2011

↳ http://www.ifsh.de/IFAR/serv_bp.htm

Working Paper CLISEC-11,

Research Group Climate Change and Security, Universität Hamburg,
Juni 2011

↳ <http://clisec.zmaw.de/Publications.877.0.html>

Kontakt: Christian Alwardt - alwardt@ifsh.de

Inhaltsverzeichnis

Einführung.....	1
1. Der Wasserkreislauf.....	2
2. Die globale Verteilung von Frischwasser	4
Überlandabfluss.....	5
Grundwasserspeicher	8
3. Wie viel Wasser ist „ausreichend“?	11
Betriebs- und Nutzwasser.....	12
4. Klimawandel und sozioökonomische Einflüsse.....	13
Prognostizierte Folgen der globalen Erwärmung.....	13
Regionale sozioökonomische Einflüsse	15
5. Wasser ein Threat-Multiplier?	17
Recht auf Wasser?.....	17
Wassermangel	19
Konfliktpotenziale.....	22
Kooperation vs. Konflikt.....	23
6. Wasser als globale Herausforderung.....	26
Literatur.....	28

„Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser, denn Wasser ist alles und ins Wasser kehrt alles zurück.“

Thales von Milet, griechischer Philosoph
(um 625 - 547 v.Chr.)

Einführung

Kein anderes Element ist für unseren Planeten und dessen Ökosystem von solch essentieller Bedeutung wie Wasser. Als grundlegende Voraussetzung zur Entwicklung von Leben, als entscheidender Bestandteil unseres Weltklimageschehens, verantwortlich für geophysikalische Prozesse und die Stabilität des Ökosystems und lebensnotwendige Ressource für den Menschen, war und ist die Verfügbarkeit von Wasser eines der entscheidenden Kriterien für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft.

Die Beitragsserie *Wasser als globale Herausforderung* beschäftigt sich mit den relevanten Aspekten von Wasser, die im Hinblick auf dessen Verfügbarkeit, globale Verteilung und Nutzung eine Rolle spielen. Dem Menschen kommt hierbei als Akteur eine besondere Rolle zu. Der hier vorliegende Beitrag – *Die Ressource Wasser* – beleuchtet die Thematik Wasser aus verschiedenen Perspektiven, um zunächst einen allgemeinen Überblick zu verschaffen. Zum einen soll so ein Einblick in die Mechanismen des natürlichen Wasserkreislaufs gewährt, zum anderen die Rückkopplungseffekte aufgezeigt werden, die sich durch klimatische oder sozialökonomische Einflüsse auf Wasserhaushalte ergeben können. Die Darlegung der Nutzungs- und Verbrauchsszenarien von Wasser, aber auch die zurzeit vorherrschende politische und rechtliche Dimension von Wasserressourcen, soll zur Beantwortung der Frage beitragen, ob und inwiefern Wassermangel ein Konfliktpotenzial darstellt und die fallspezifischen Lösungsansätze kooperativer Natur sind oder aber diese Konflikte drohen gewaltsam ausgetragen zu werden. Eine entscheidende Rolle kommt in jedem Fall der rechtzeitigen Identifikation potenzieller Konfliktregionen (Hot-Spots) zu, die auch dafür entscheidend ist, ob und auf welche Weise eine Konfliktsituation entschärft werden kann.

1. Der Wasserkreislauf

Unser Blauer Planet – zu fast Dreivierteln mit Wasser bedeckt – lässt zunächst keine Wasserprobleme vermuten. Das auf der Erde zur Verfügung stehende Wasser unterliegt einem geschlossenen Kreislauf, d.h. die Menge des Wassers ist seit Millionen von Jahren annähernd konstant und erfährt allenfalls durch Eismeteoriten – aus dem Weltraum – einen stetigen, aber verschwindend geringen Zuwachs. Die global verfügbare Wassermenge wird auf etwa 1,4 Milliarden Kubikkilometer geschätzt¹, was einem Würfel mit den Kantenlängen von 1.115 Kilometern entspricht.

Die entscheidenden Faktoren einer regionalen Versorgung mit genügenden Mengen Frischwassers in geeigneter Qualität sind in erster Linie der *Zustand* des Wassers, die *Erschließbarkeit* und dessen zeitliche *Verfügbarkeit*.

Wasser kann in verschiedenen Formen vorliegen; zum einen unterscheidet man die drei physikalischen Aggregatzustände gasförmig, flüssig und fest (d.h. in Form von Eis oder Schnee), den chemischen Zustand, d.h. insbesondere welche Stoffe im Wasser gelöst sind, und die Reinheit des Wassers (Vermischungsgrad mit anderen Stoffen).

Der Anteil des Süßwassers (definiert als Wasser mit weniger als 0,05% Salzanteil)² an der globalen Wassermenge macht nur 2,5 Prozent oder 35 Millionen Kubikkilometer aus, bei den übrigen 97,5 Prozent handelt es sich um Brack- oder Salzwasser (siehe hierzu Abbildung 1a). Die Menge des weltweit verfügbaren Süßwassers unterteilt sich im Wesentlichen in Wasser, das an den Polkappen in Form von Eis gebunden ist (ca. 69,2%) und als Grundwasser vorliegt (30,3%). Der restliche Anteil von ungefähr 0,5% des Süßwassers gliedert sich in Gletscherwasser (0,12%), Wasser in Binnengewässern (0,26%), Wasserläufe bzw. Flüsse (0,01%) oder ist in der Atmosphäre (0,04%), Biosphäre (0,03%), in Feuchtgebieten (0,03%) oder im Boden (0,05%) gebunden (Abbildung 1b). Als unmittelbar direkt zugängliches Süßwasser können somit nur ca. 31 % angesehen werden (hierbei handelt es sich um Grundwasser, Binnengewässer und Wasserläufe), was einer Menge von ungefähr 11 Millionen Kubikkilometern entspricht.³

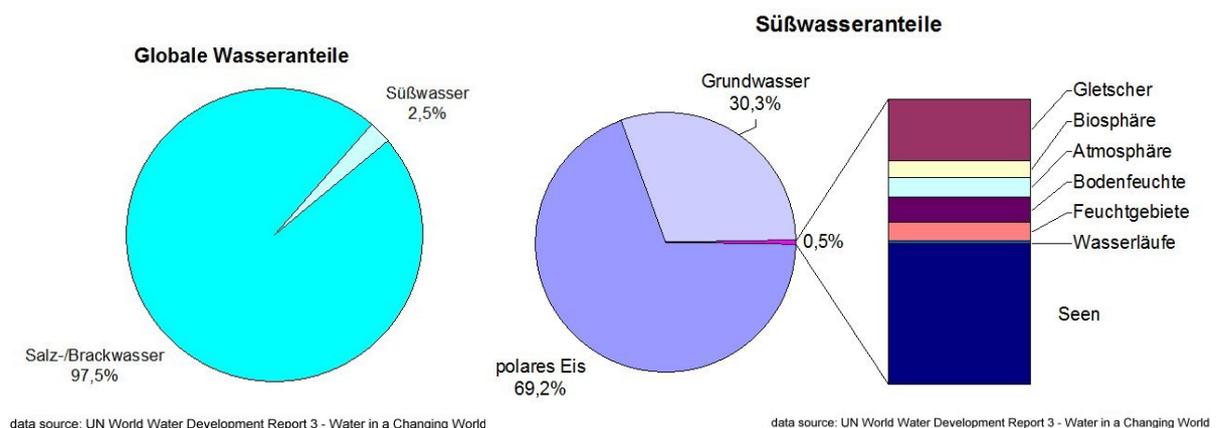
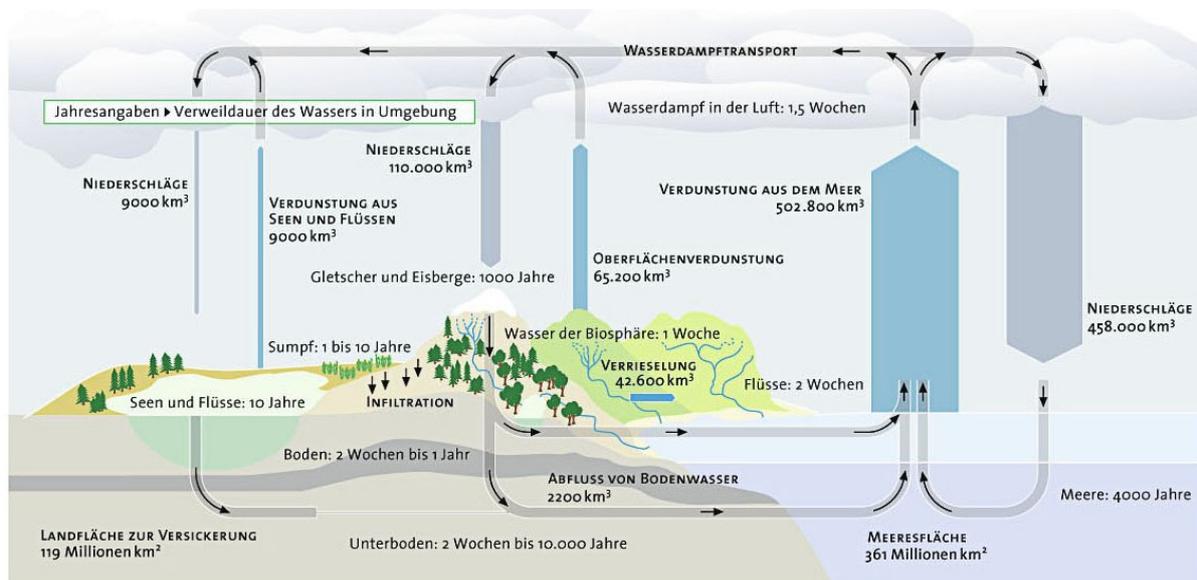


Abbildung 1a & b : Globaler Anteil des Süßwasser

1 UNO (2009): *The United Nations World Water Development Report 3 – Water in a Changing World*, UNESCO Publishing, 2009.
 2 BMZ (1995): *Überlebensfrage Wasser – eine Ressource wird knapp*, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Entwicklungspolitik Materialien 94, 1995.
 3 UNO (2009).

Der globale Wasserkreislauf wird im Wesentlichen von Verdunstungs- und Niederschlagsprozessen angetrieben, wobei die mittleren Verweildauern von Wasser in den unterschiedlichen Speichermedien stark voneinander abweichen können. Als Bindeglied zwischen den Ozeanen, der Landoberfläche und dem Erduntergrund ist der Wasserkreislauf ein integraler Bestandteil des globalen Ökosystems und einer der wichtigsten Faktoren des Erdklimageschehens. Das Wasser verdunstet über offenen Wasserflächen – vor allem über den Ozeanen – kondensiert in der Atmosphäre und geht dann als Niederschlag (regen oder Schnee) über den Ozeanen und teilweise auch über den Landmassen nieder. Auf dem Land fließt das Wasser über die Oberfläche ab und speist Flüsse, versickert im Untergrund und füllt Grundwasserspeicher auf oder wird in Form von Gletschern oder Seen lokal gebunden. Abbildung 2 veranschaulicht die Verdunstungs- und Niederschlagsprozesse sowie die Wasserabflussprozesse, wie sie über Land und Wasser stattfinden, ferner finden sich in der Abbildung die typische Zeiträume, in denen das Wasser in den unterschiedlichen Speichermedien verweilt.



Der Kreislauf des Wassers

©2008, Le Monde diplomatique, Berlin

Quellen: Philippe Rekacewicz, in Vital Water Graphics, an Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, UNEP/GRID-Arendal, 2002 (www.unep.org/vitalwater), nach Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, Sankt Petersburg) und United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (Unesco, Paris), 1999, Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg, 1994; Alan R. Freeze und John A. Cherry, Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1979.

Abbildung 2 : Der Wasserkreislauf mit Angabe der durchschnittlichen Wassermengen und Verweildauern in den jeweiligen Medien.

Wasser, das über den Ozeanen (87%) und der Landoberfläche (13%) verdunstet, verbringt als Wasserdampf durchschnittlich etwa eineinhalb Wochen in der Atmosphäre bevor es mit einem Anteil von 76% über den Ozeanen und zu 24% über der Landoberfläche abregnet. Die mittlere Verweildauer auf/unter der Landoberfläche variiert stark und reicht von wenigen Stunden (Landverdunstung) über Wochen (Flüsse) bis zu mehreren tausend Jahren (tiefliegende Grundwasserspeicher). Am Ende erreicht der überwiegende Anteil des Süßwassers wieder einen Ozean, wo es einen gemittelten Zeitraum von ungefähr 4.000 Jahren zubringt, bevor der Wasserkreislauf von vorne beginnt.⁴

4 Die hier jeweils aufgeführten Verweildauern wurden der Abbildung 2 entnommen. Diese Werte variieren in der Literatur jedoch zum Teil. Andere Zeiträume finden sich so u.a. in: Hendl, Manfred / Liedtke, Herbert (Hrsg.) (2002): *Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie*, Seite 454, Justus Perthes Verlag Gotha, 3. Auflage, 1997.

2. Die globale Verteilung von Frischwasser

Maßgeblich für die globale Wasserverteilung ist in erster Linie der lokale Niederschlag, bei dem es sich auch um die einzig erneuerbare, natürliche Süßwasserquelle handelt. Niederschläge sind auf der Erde zeitlich und regional sehr unterschiedlich verteilt. Die Abbildung 3a und b geben den lokalen gemittelten monatlichen Niederschlag für den Winter 2008/09 und den Sommer 2009 in Millimeter an. Diese Abbildungen verdeutlichen die saisonalen Niederschlagsschwankungen in Regionen wie Südafrika, dem indischen Subkontinent oder Teilen von Amerika, Asien und Ozeaniens. Der überwiegende Teil von Nordafrika und dem Mittleren Osten leidet hingegen das ganze Jahr unter extremen Niederschlagsmangel. Gerade Regionen also, die nicht mit einer stetigen, ganzjährigen Niederschlagsmenge rechnen können, sind auf die natürlichen Mechanismen angewiesen, die Wasser längerfristig speichern und damit auch in regenarmer Zeit verfügbar machen – hierzu zählen Oberflächengewässer und Grundwasser – oder aber sie sind von Fließgewässern abhängig, die Wasser überregional verteilen. Regenwasser fließt also zum einen über die Landoberfläche ab (Überlandabfluss) oder versickert im Boden (stehendes und fließendes Grundwasser).

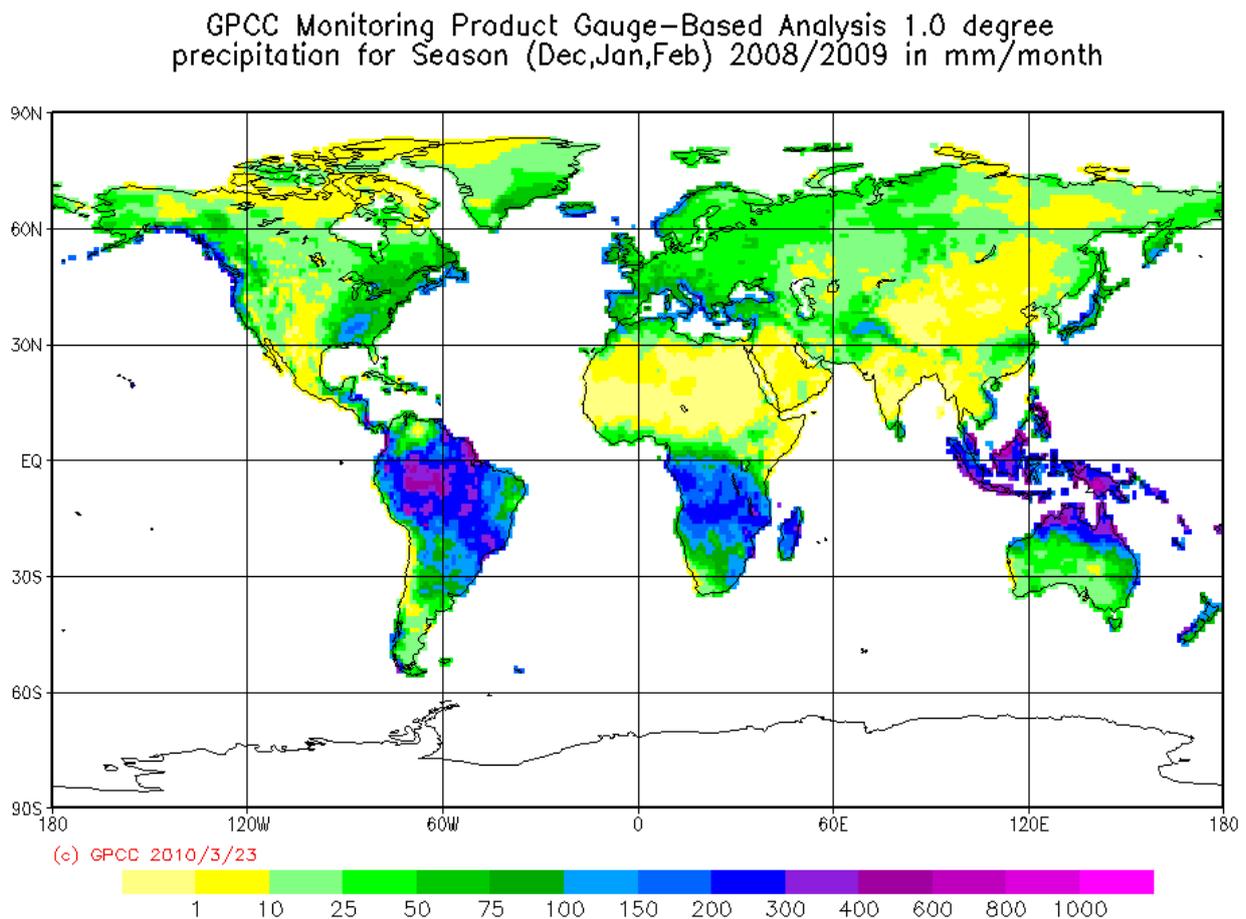


Abbildung 3a : Über die Monate Dez-Feb 2008/2009 gemittelte globale Niederschläge in mm/Monat⁵

5 Datenquelle: http://orias.dwd.de/GPCC/GPCC_Visualizer.

GPCC Monitoring Product Gauge-Based Analysis 1.0 degree precipitation for Season (Jun,Jul,Aug) 2009 in mm/month

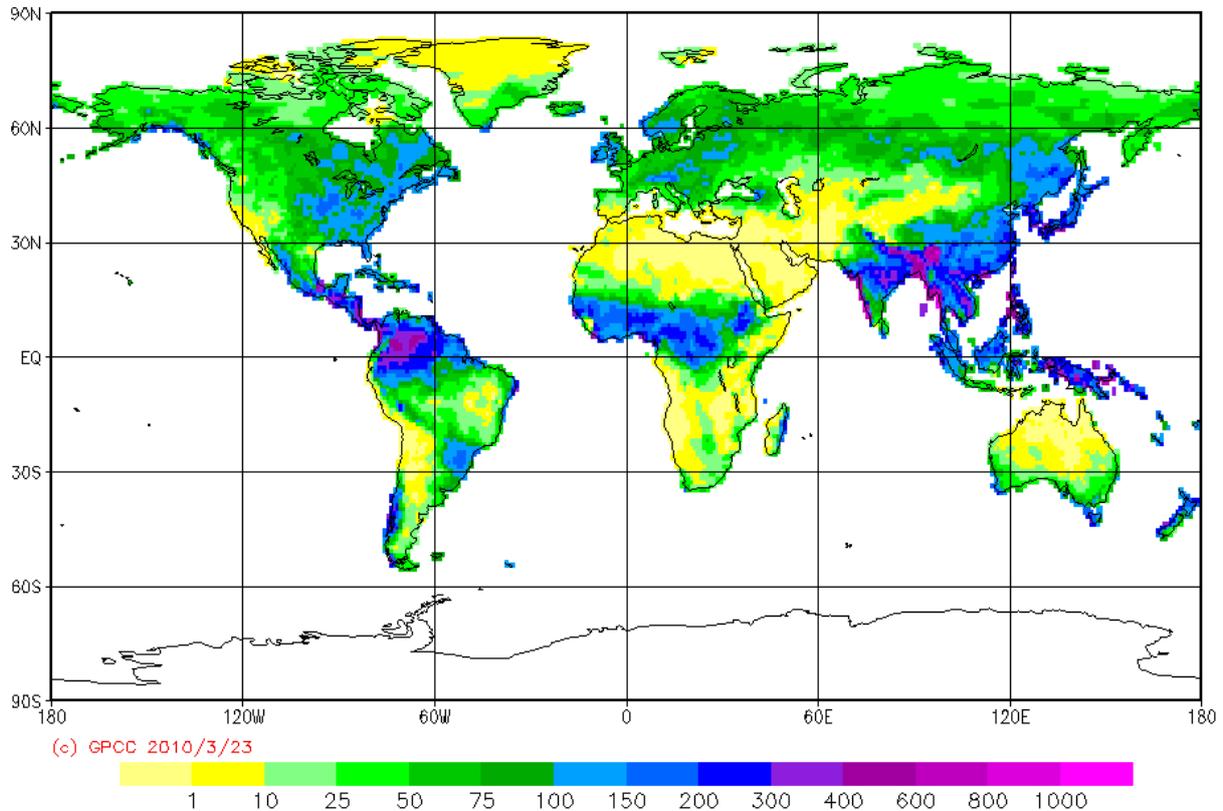


Abbildung 3b : Über die Monate Jun-Aug 2009 gemittelte globale Niederschläge in mm/Monat.⁵

Überlandabfluss

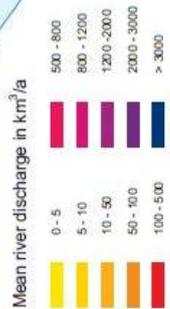
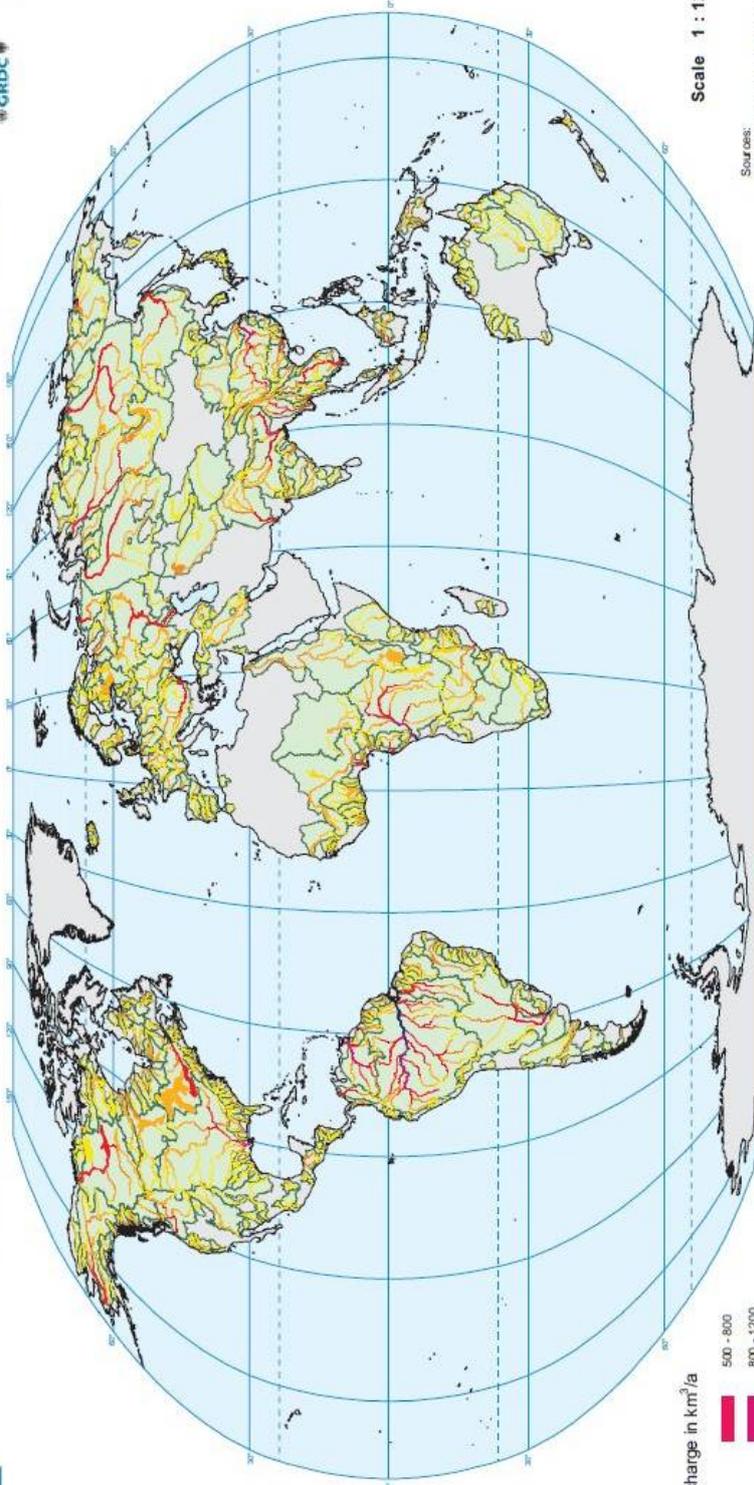
Niederschläge, die über die Landoberfläche abfließen, sammeln sich in sogenannten Flusseinzugsgebieten und werden hier über Senken, Bäche und Nebenarme den großen Flusssystemen zugeführt, die das Wasser zum überwiegenden Anteil in Richtung der Ozeane oder aber vereinzelt auch in Oberflächengewässer bzw. Feuchtgebiete transportieren.

„Als Fluss wird jeder natürliche, in einer langgestreckten und einseitig geöffneten Hohlform der Landfläche fließende Wasserlauf bezeichnet, der umgrenzbare Flächen mit natürlichem Gefälle entwässert.“⁶ Zur Ausbildung eines Flusses kommt es durch zwei grundsätzliche Faktoren; einer geneigten Oberfläche und ausreichendem Niederschlag, der in seiner Menge die auftretende Verdunstung und Versickerung übertrifft. Ein zumindest zeitweiliger Überschuss an Wasser (gegenüber Versickerung und Verdunstung) führt zur Ausbildung von Oberflächenwasser, das bei vorhandenen Terrain-Unterschieden (Hang-/ Oberflächenneigung) abfließt und einen Fluss ausbildet. Neben(zu)flüsse und der resultierende Hauptfluss bilden dann ein Flusssystem, das von der Mündung her betrachtet einen verästelten Aufbau (*Strombaum*) hat.⁷ Die von einem solchen Flusssystem insgesamt entwässerte Fläche wird als *Flusseinzugsgebiet (River Basin)* bezeichnet. Ein Flusseinzugsgebiet ist also derjenige Teil der Landoberfläche, deren Überlandabfluss ein Flusssystem maßgeblich speist.

6 Hendl, Manfred / Liedtke, Herbert (Hrsg.) (2002): *Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie*, Justus Perthes Verlag Gotha, 3. Auflage, 1997.

7 Hendl (2002: 461).

River Basins and Mean Annual River Discharge (1961 - 1990)



Scale 1 : 120 000 000

Sources:
 Basins selected, derived and adjusted by
 Global Runoff Data Centre (GRDC), Koblenz 2007,
 based on HYDRO1K by USGS.
 Mean river discharge calculated with WaterGAP 2.1,
 Universities of Frankfurt and Kassel 2007,
 Rivers and lakes by GRDC & WRI/WWAP 2007

Abbildung 4 : Die größten Flüsse weltweit und ihr jährlicher Wasserdurchsatz in km³/Jahr. In Grün ist der Anteil der Erdoberfläche markiert, der als Wassereinzugsgebiet dieser Flüsse dient. Die verschiedenen Flusseinzugsgebiete werden durch Wasserscheiden separiert (Quelle: GRDC).

Verschiedene Flusseinzugsgebiete grenzen sich durch *Wasserscheiden* voneinander ab. Bei Wasserscheiden handelt es sich um hydrogeographische Grenzlinien (zumeist geologische Erhebungen), die den Oberflächenabfluss nur in bestimmte ausgewiesene Richtungen zulassen. In Abbildung 4 sind die großen Flusssysteme der Erde und der Wasserdurchsatz im Jahresmittel dargestellt. Der überwiegende Anteil (etwa 80%) der Flüsse transportieren das Wasser in Richtung der Ozeane. Einige Flusseinzugsgebiete sind jedoch nicht an das Meer angeschlossen, sondern bilden *Binnenentwässerungsgebiete*, weiträumige abflusslose oberirdische Areale (Binnengewässer oder Feuchtgebiete), die durch sogenannte *Kontinentalwasserscheiden* abgegrenzt werden.⁷ Tabelle 1 gibt eine Übersicht der jeweiligen kontinentalen Entwässerungsmenge, aufgeschlüsselt nach den Ozeanen und dem Binnenentwässerungsanteil.

Die Wasserführung – also der Abfluss eines Flusses – wird durch klimatische Einflussfaktoren bestimmt, wechselseitig beeinflusst durch die Gestalt des Flusses (Flussquerschnitt, Tiefe, Struktur des Flussbettes etc.), die Form und Größe des Einzugsgebietes (Quellen, Zuflüsse, Bodenstruktur, Vegetation etc.) sowie durch mögliche zivilisatorische Einflussfaktoren (Wasserentnahmen, bebaute/versiegelte Flächen, Flussbegradigungen etc.).

Nach Abflusstypen unterscheidet man zwischen *autochthonen Flüssen*, deren Abfluss auf der gesamten Flusslänge maßgeblich durch klimatische Einflussfaktoren bestimmt wird, und den *allochthonen Flüssen*, die in feuchten oder schneereichen Gebieten entspringen und dann in Trockengebiete hineinfließen und in diesen enden bzw. versiegen (*endorhäische Flüsse*) oder durch das Trockengebiet – zumeist unter erheblichem Wasserverlust – hindurchfließen (*diarhäische Flüsse*). *Autochthone Flüsse* untergliedern sich noch einmal in solche Flüsse, die ganzjährig eine hinreichende Wasserführung aufweisen (*perennierend* oder *permanente Flüsse*), Flüsse die zeitweise Wasser führen und zu bestimmten Zeiten des Jahres regelmäßig versiegen (*periodische Flüsse*) und unregelmäßig wasserführende Flüsse (*episodische Flüsse*), also solche Flüsse, die nur bei besonders starkem Niederschlag Wasser führen.⁸ Weiterführende Informationen zur Flusskunde (*Potamologie*) und den Flussmechanismen finden sich in der Fachliteratur, zum Beispiel bei Hendl (2002).

Tabelle 1 : Anteil der kontinentalen Entwässerung (in Mio. km² und prozentual) in die angrenzenden Ozeane bzw. in kontinentale Binnengewässer.

Kontinent	Atlantik Mio. km ² (%)	Arktik Mio. km ² (%)	Indik Mio. km ² (%)	Pazifik Mio. km ² (%)	Binnen- Entwässerung Mio. km ² (%)	Gesamt Mio. km ²
Asien	0,5 (1,1)	11,2 (25,5)	11,7 (26,6)	8,2 (18,6)	12,4 (28,2)	44,0
Afrika	14,9 (49,9)	-	6,1 (20,4)	-	8,9 (29,7)	29,9
Nordamerika	8,3 (34,6)	10,2 (42,5)	-	4,5 (18,7)	1,0 (4,2)	24,0
Südamerika	16,3 (90,0)	-	-	1,0 (5,6)	0,8 (4,4)	18,1
Europa	6,5 (65,0)	1,6 (16,0)	-	-	1,9 (19,0)	10,0
Australien	-	-	2,9 (33,0)	1,8 (20,5)	4,1 (46,5)	8,8
Festland (ohne Antarktika)	46,0 (34,5)	23,0 (17,1)	20,7 (15,3)	15,5 (11,5)	29,1 (21,6)	134,8

Datenquelle: Hendl(2002: 461), Tabelle 5.9

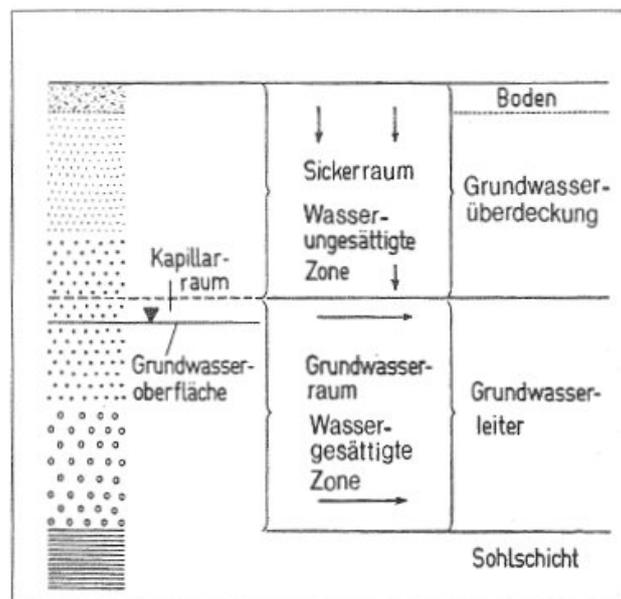
8 Hendl(2002: 462).

Grundwasserspeicher

Wasser, das nicht über Land abfließt, sondern im Erdboden versickert, sammelt sich in lokalen unterirdischen Wasserspeichern oder fließt als Grundwasser in Richtung der Ozeane ab. Entscheidend für die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens ist die Art der jeweiligen Bodenschicht und deren Abfolge.

Grundsätzlich wird vor allem zwischen wassergesättigten und wasserungesättigten Zonen im Boden unterschieden. Bei einer wasserungesättigten Zone handelt es sich um den Sickerraum oder die Grundwasserüberdeckung, bestehend aus einer Abfolge verschiedener Bodenschichten und Untergrundmaterialien, durch die das Wasser versickert. Getrennt durch einen bodenabhängigen Kapillarraum schließt sich die Grundwasseroberfläche in der wassergesättigten Zone, dem sogenannten Grundwasserraum an (siehe Abbildung 5).⁹

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie¹⁰ definiert in Artikel 2, Absatz 2 Grundwasser als alles unterirdisches Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht. Nach der Deutschen Industrienorm (DIN) 4049 handelt es sich bei Grundwasser um unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Lithosphäre (Erdrinde) zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich oder nahezu ausschließlich durch die Schwerkraft und die durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräfte bestimmt wird.



Quelle: entnommen aus Mattheß(2003: 17)

Abbildung 5 : Hydrologische Gliederung des Untergrunds

Grundwasser fließt im Untergrund durch sogenannte Grundwasserleiter, hierbei handelt es sich in der wassergesättigten Zone um mit Hohlräumen durchsetzte Gesteinsschichten, die Grundwasser enthalten und auch geeignet sind, dieses weiterzuleiten. Unterirdische Grundwasservorkommen, die eindeutig abgegrenzt oder abgrenzbar sind, werden als Grundwasserkörper bezeichnet. Der sehr häufig anzutreffende Begriff Aquifer kommt aus dem englischen Sprachgebrauch. Ein Aquifer wird als der Teil einer Schichtfolge angesehen,

9 Mattheß, Georg / Ubell, Károly (2003): *Allgemeine Hydrogeologie – Grundwasserhaushalt*, 2. Auflage, 2003, erschienen als Band 1 in: Mattheß, Georg (ed.): *Lehrbuch der Hydrogeologie*, Gebrüder Borntraeger, Berlin - Stuttgart, 2003.

10 Abrufbar auf der Webseite des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf> (letzter Zugriff am 10.11.2010).

die ausreichend durchlässiges (Boden-)Material enthält, um ein signifikantes Wasservolumen an Brunnen oder Quellen abzugeben.¹¹ Der Begriff Aquifer wird im Deutschen mittlerweile weitverbreitet als Synonym für den Grundwasserleiter verwendet, obwohl beide von der hydrologischen Definition nicht übereinstimmen. Ein Aquifer kann sowohl wassergesättigte als auch wasserungesättigte Bodenzonen umfassen, ein Grundwasserleiter definiert sich hingegen eindeutig und ausschließlich durch die wassergesättigte Bodenzone. Jeder Gebrauch des Begriffs Aquifer soll im Folgenden einen Grundwasserleiter lt. Definition unterstellen.

Aus hydrogeologischer Sicht wird zwischen drei Arten von Grundwasserleitern unterschieden; den Poren-, Kluft- und Karst-Grundwasserleitern.¹² Bei Poren-Grundwasserleitern handelt es sich um Sedimentschichten, die – je nach Material und Sortierung – ein mehr oder weniger engmaschiges Hohlraumsystem bilden, in denen das Wasser zirkuliert. Spalten und Klüfte, die durch mechanische Beanspruchung oder thermische Effekte in Fest- und Vulkangestein entstanden sind, bilden die *Kluft-Grundwasserleiter*, in denen sich das Grundwasser auf Trennfugen im Gestein bewegt. Besonders in Kalk- und Dolomiten-, sowie Gips- und Anhydrit-Gestein kann Wasser kleine bereits vorhandene Spalten und Klüfte durch Auswaschung und Lösung von Gesteinsmaterial zu Hohlräumen vergrößern, den so genannten *Karst-Grundwasserleitern*.

Die Bodentiefen, bis zu denen man noch wasserführende Hohlräume findet, variieren stark. Die Untergrenze für wasserdurchlässiges Gestein liegt zumeist bei 3000 bis 4000 Metern, bei russischen Tiefenbohrungen auf der Halbinsel Kola konnten aber auch noch in Tiefen von bis zu 17.000 Metern wasserführende Schichten nachgewiesen werden.¹³

Die Grundwasserneubildung, also der Zufluss von in den Boden infiltriertem Wasser zum Grundwasser, ergibt sich zum überwiegenden Teil durch im Boden versickerten Niederschlag (*Infiltrationstheorie*), in ariden Regionen können sich geringe Mengen von Grundwasser aber auch durch die nächtliche Kondensation der Luftfeuchtigkeit und der anschließenden Versickerung des so entstandenen Tauwassers in den Boden bilden (*Kondensationstheorie*).¹⁴ Das Regenerationsvermögen hängt dabei entscheidend von der Menge des regional auftretenden Niederschlags ab. Entscheidend für die Regenerationsdauer und Fließgeschwindigkeit von Grundgewässern sind zum einen die Beschaffenheit der Grundwasserüberdeckung (entscheidend für die Versickerungsdauer) und die Art des Grundwasserleiters, insbesondere dessen materielle Zusammensetzung und Tiefe.¹⁵

Die vorhandene Menge an Grundwasser und dessen Regenerationsfähigkeit (Grundwasserneubildung) variiert weltweit stark. Abbildung 6 gibt eine vereinfachte Darstellung der heute abgeschätzten Grundwasservorkommen wieder. Von besonderem Interesse sind hierbei die regionalen Kapazitäten der Grundwassererneuerung (in mm/Jahr). Unterschieden wird in der Abbildung zwischen drei Typen von Grundwasservorkommen: In blau die bedeutenden weltweiten Grundwasserbecken (homogenen Grundwasserleiter, die etwa 35% der kontinental Fläche ausmachen), in grün die komplexen Grundwasserleiter (bezogen auf die Boden- und Gesteinsstruktur, mit einem 18-prozentigen Anteil an der Landoberfläche) und schließlich in braun die lokalen und oberflächennahen Grundwasserleiter, die etwa auf der Hälfte der Landoberfläche vorzufinden sind. Die Farbabstufung gibt Auskunft darüber, ob das Grundwasservorkommen eine niedrige (heller Farbton) oder hohe Neubildungsrate (dunkler Farbton) aufweist.

11 Hölting, Bernward /Coldewey, Wilhelm G. (2009): *Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*, 7. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2009.

12 Mattheß (2003: 20).

13 Mattheß (2003: 19)

14 Hölting (2009: 9).

15 Für eine eingehendere Betrachtung der Hydrogeologie in Bezug auf Grundwasserhaushalte empfiehlt sich Mattheß (2003) und Hölting (2009).

Die Grundwasservorkommen der Erde

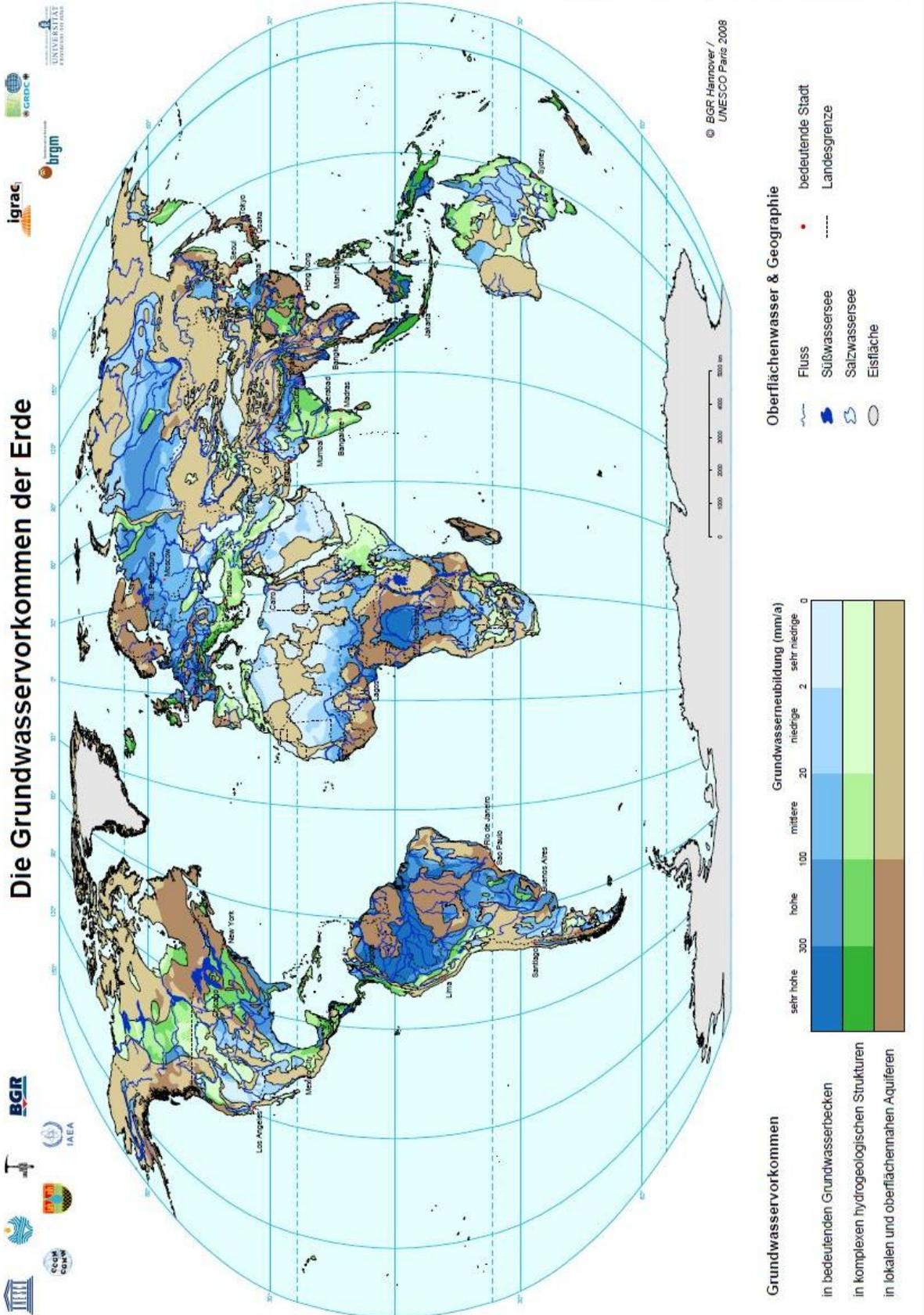


Abbildung 6 : Weltweite Grundwasserressourcen – Die bedeutenden Grundwasserbecken (blau), komplexe Grundwasserleiter (grün) und lokale bzw. oberflächennahe Grundwasserleiter (braun). Die farbliche Abstufung gibt Auskunft über die Größe der Grundwasserneubildung die von sehr niedrig (hell) bis sehr hoch (dunkel) reicht. (Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover & UNESCO Paris.)

3. Wie viel Wasser ist „ausreichend“?

Süßwasser zählt zu den wichtigsten Ressourcen, ohne die Leben auf der Erde nicht möglich wäre. Der Mensch und das Ökosystem sind auf den Zugang zu ausreichenden Mengen an sauberem Wasser angewiesen, denn ein Wasserverlust des Körpers von nur 10 % kann bereits tödlich sein.¹⁶ Die tägliche Verfügbarkeit von Trinkwasser ist daher ein lebensnotwendiges menschliches Bedürfnis und eine ausreichende Sanitärversorgung ist ein entscheidender Gesundheitsfaktor.

Die heute geläufigste Definition geht davon aus, dass ab einer Menge erneuerbaren Trinkwassers die größer als 1.700 m³ pro Jahr und Person ist, in einem Land von einer ausreichenden *Wasserversorgung* gesprochen werden kann. Bei einer Menge von 1.000 – 1.700 m³ herrscht Wasserarmut (*water stress*) unter 1.000 m³ spricht man von Wasserknappheit (*water scarcity*) und bei weniger als 500 m³ Wasser pro Person und Jahr von absoluter Wasserknappheit – siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 : Gängige Definition von Wasserarmut und Wasserknappheit nach Falkenmark et. al.¹⁷

Definition	erneuerbares Trinkwasser pro Person/Jahr
Ausreichende Wasserversorgung	1.700 m ³
Wasserarmut (<i>water stress</i>)	1.000 bis 1.700 m ³
Wasserknappheit (<i>water scarcity</i>)	unter 1.000 m ³
Absolute Wasserknappheit	unter 500 m ³

Ebenso wie der Mensch ist auch die Natur (Ökosystem) auf ausreichende Mengen Süßwassers angewiesen. Im Wesentlichen wandelt das Ökosystem dabei Wasser in pflanzliches und tierisches Leben um und beansprucht hierfür einen Teil des Wasserkreislaufes.¹⁸ Das Ökosystem erfüllt vielfältige Aufgaben; neben seiner Funktion als Lebensraum von Tieren, Pflanzen und letztendlich auch dem Menschen verantwortet es den Abbau organischen Materials, spielt die entscheidende Rolle in vielen chemischen, atmosphärischen Prozessen (u.a. Sauerstoffproduktion, Reinigung der Luft) und fungiert als natürlicher Wasserspeicher und -aufbereiter und ist damit Teil des globalen Wasserkreislaufes. Für den Menschen war die Natur vor allem in der Vergangenheit ein unverzichtbarer, wirtschaftlicher Faktor, sei es in Form der Fischerei, der Jagd oder der Forstwirtschaft. Heute ist es vor allem das individuelle Wohlbefinden und Verlangen nach sauberer Luft und Erholung, das einer intakten Natur einen steigenden Wert beimisst.

Menschliche Eingriffe in die Umwelt und deren Mechanismen haben einen unmittelbaren Einfluss auf das Ökosystem. Die Beeinflussung – z.B. regionaler Wasserhaushalte, ungebremster Holzeinschlag, Brandrodung, Verklappung von Abfällen oder die zunehmende Bebauung bzw. Versiegelung von Flächen – kann zu Landerosion und Versteppung, aber auch großflächiger (Luft-)Verschmutzung führen und so den Lebensraum beheimateter Pflanzen- und Tierarten unmittelbar beeinflussen oder zerstören. Flüsse und Flusseinzugsgebiete reagieren dabei besonders sensibel auf äußere Faktoren.

In Bezug auf die Ressourcenverteilung und -nutzung spielen Umweltinteressen heute allenfalls eine untergeordnete Rolle. Selten werden auf internationaler oder regionaler Ebene Ökosystemen die für ihre Funktion lebenswichtigen Ressourcen garantiert bzw. reserviert.

16 BMZ (1995: 8).

17 Falkenmark, Malin / Lundqvist, Jan / Widstrand, Carl (1989): *Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches*, Natural resource Forum, Vol. 13, Issue 4, Seite 258-267, November 1989

18 BMZ (2006): *Sektorkonzept Wasser*, BMZ Konzeptpapier 143, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, September 2006.

Auch in den Berechnungen von hydrologischen Bilanzen in der Wissenschaft oder im Rahmen von Gesetzgebungsprozessen wurde der Wasserbedarf des Ökosystems bisher zumeist vernachlässigt.¹⁹ Doch auch hier setzt teilweise ein Umdenken ein. Vor allem im Bereich der Oberflächengewässer und den damit verbundenen Ökosystemen engagieren sich Umweltverbände, aber auch staatliche Stellen zunehmend für ein nachhaltigeres Ressourcenmanagement, einen schonendere Umgang mit natürlichen Flussarealen, die Schaffung von natürlichen Ausgleichsflächen oder die Renaturierung von Flussbetten. Diese Bemühungen können unter dem Begriff *naturnaher Wasserbau* zusammengefasst werden.²⁰

Auch hinsichtlich des Grundwassers beschäftigt sich die Forschung zunehmend mit den ökologischen Mechanismen und den Auswirkungen menschlichen Eingreifens in diese bisher nahezu abgeschlossenen Systeme. Gerade in jüngster Vergangenheit entdeckte man in zahlreichen dieser Habitats einen bis dato nicht vermuteten Artenreichtum, den die Forschung zum Anlass nahm, den Begriff „New Groundwater Ecology“ zu prägen. In Zukunft werden im Hinblick auf Grundgewässer neben der reinen Wasserqualität und Verfügbarkeit also auch die ökologischen Aspekte eine zunehmende Rolle spielen.²¹

Betriebs- und Nutzwasser

Betriebs- und Nutzwasser spielen im wirtschaftlichen Sektor eine wichtige Rolle, es handelt sich hierbei zum überwiegenden Teil um Süßwasser, dessen Qualität den jeweiligen Verbraucherkriterien genügen muss. Bei *Betriebswasser* handelt es sich um Wasser, das im Rahmen industrieller Produktion oder in der Energieerzeugung vor allem als Kühlwasser benötigt wird. *Nutzwasser* hingegen wird unmittelbar für die Erzeugung von Produkten verwendet, diese Art von Wasser wird häufig auch mit dem Begriff virtuelles Wasser assoziiert.

Virtuelles Wasser ist diejenige Menge Wasser, die zur Erzeugung eines Rohprodukts oder verarbeiteten Produkts in der Agrarwirtschaft oder industriellen Produktion verbraucht bzw. verschmutzt wird oder verdunstet. Unterschieden werden dabei die Anteile an grünem, blauem und grauem virtuellem Wasser.²² Bei *grünem virtuellem Wasser* handelt es sich um Regenwasser, das im Boden gespeichert und unmittelbar im Verlaufe des Wachstums von Pflanzen aufgenommen wird. *Blaues virtuelles Wasser* ist dasjenige Wasser, das zur industriellen Produktion, für landwirtschaftliche Zwecke oder den häuslichen Gebrauch, aus Grundgewässern, Seen oder Flüssen entnommen wird und nicht mehr dahin zurückgeleitet werden kann. Wasser, das in einem Herstellungsprozess direkt oder im Anschluss daran indirekt verschmutzt wurde und danach nicht mehr nutzbar ist, wird als *graues virtuelles Wasser* bezeichnet. Virtuelles Wasser setzt sich also zu unterschiedlichen Anteilen aus diesen drei Komponenten zusammen.

Die Menge des virtuellen Wassers variiert dabei je nach Produkt. Verbraucht die Produktion eines Kilogramms Papier 250 Liter, werden für ein Kilogramm Getreide bereits 400 Liter und für ein Kilogramm Baumwolle sogar 10.000 Liter Wasser benötigt. Ganze 100.000 Liter Wasser müssen für die Produktion eines Kilogramms Aluminium aufgewendet werden (siehe hierzu auch Abbildung 7). Insbesondere die Fleischproduktion benötigt eine sehr große Menge an virtuellem Wasser. In jedem Kilogramm Rindfleisch stecken so nach dreijähriger

19 BMZ (2006: 7).

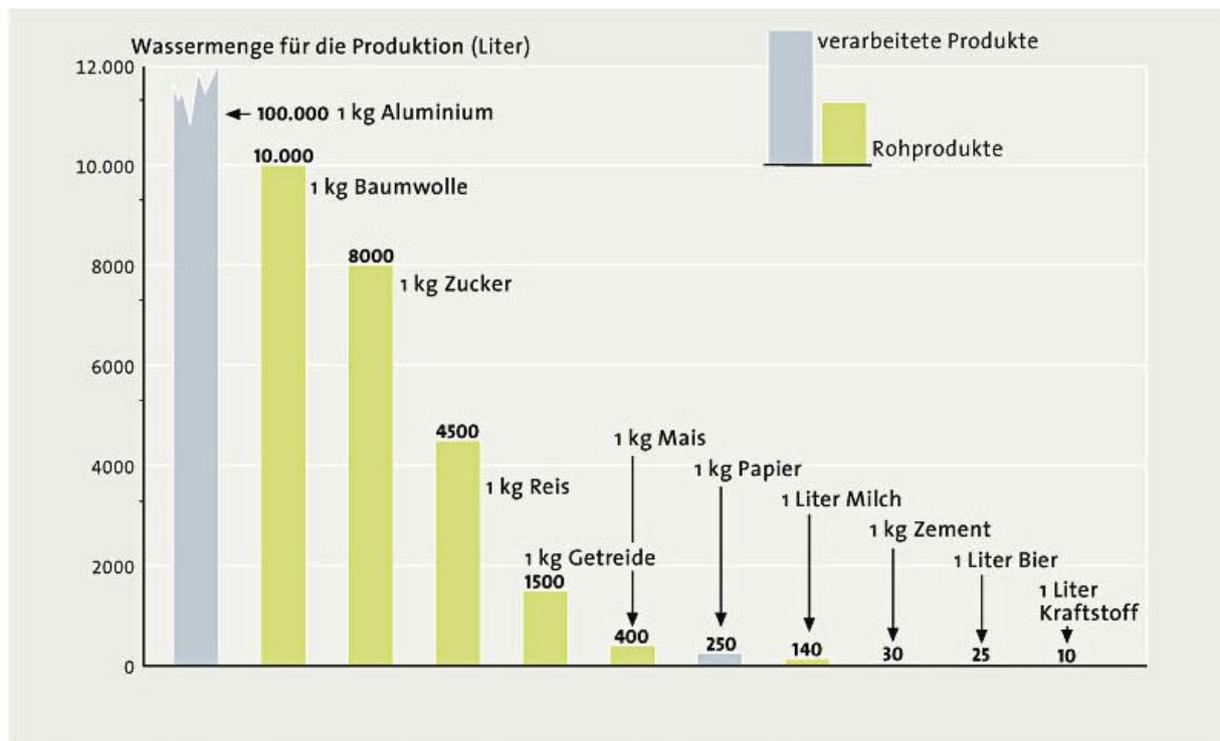
20 Patt, Heinz / Jürging, Peter / Kraus, Werner (2009): *Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3. Auflage, 2009.

21 Danielopol, Dan Luca / Griebler, Christian (2008): *Changing Paradigms in Groundwater Ecology – from the ‘Living Fossils’ Tradition to the ‘New Groundwater Ecology’*, Internat. Rev. Hydrobiol. 93, 4-5, 2008.

22 Sonnenberg, Anke et. al. (2009): *Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands - Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt?*, WWF Deutschland, Frankfurt am Main, August 2009.

Aufzucht etwa 6,5 Kilogramm Getreide, 36 Kilogramm Raufutter und 155 Liter Frischwasser, was einer Gesamtmenge von ca. 15.500 Litern an virtuellem Wasser entspricht.²³

Der *Wasserfußabdruck* eines Produkts (*Waterfootprint*)²⁴ gibt an, welche Mengen an Wasser für die Herstellung eines Produkts in welchem Land verwendet wurden. Aus der Sicht der globalen Wasserbilanz umfasst der Import eines Produkts also nicht nur die Sache an sich, sondern es wird auch die Wassermenge berücksichtigt, die im Erzeugerland für die Produktion aufgewendet bzw. verbraucht wurde, also in gewisser Weise exportiert wurde (*virtual water trade*).²⁵



Alltägliche Produkte verbrauchen astronomische Mengen Wasser

©2008, Le Monde diplomatique, Berlin

Quellen: Cité des sciences et de l'industrie, Paris; Universität Genf.

Abbildung 7 : Benötigte Wassermengen zur Produktion / Verarbeitung spezifischer Produkte.

4. Klimawandel und sozioökonomische Einflüsse

Sowohl der Klimawandel als auch ökonomische und demografische Einflüsse können zu einer Beeinträchtigung von Wasserhaushalten und der regionalen Verknappung der Ressource Wasser führen. Gerade die Rolle des Klimawandels ist in Bezug auf regionale Konfliktpotenziale aber häufig nur schwer einzuschätzen und eine eindeutige Abgrenzung von anderen sozioökonomischen Faktoren ist nur in den wenigsten Fällen möglich.

Prognostizierte Folgen der globalen Erwärmung

Nach derzeitigen Prognosen des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) wird je nach Klimaszenario bis 2100 mit einem durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg

23 Sonnenberg (2009).

24 Weitergehende Informationen zu den länderspezifischen Wasserfußabdrücken und der individuellen persönlichen Wasserbilanz finden sich unter: <http://www.waterfootprint.org/> (letzter Zugriff am 14.11.2010).

25 Hoekstra, A.Y. (ed.) (2003): *Virtual water trade - Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Value of Water Research Report Series No. 12, Februar 2003.

zwischen 1,8° und 4° Celsius gerechnet. Diese globale Erwärmung wird nach vielfacher Expertenmeinung weltweit extremere Wetterereignisse zur Folge haben.²⁶ Stürme werden in manchen Regionen häufiger und in verstärkter Form auftreten, viele Länder werden mit zunehmender Dürre, andere mit unetigeren Niederschlägen oder Starkregenschauern zu rechnen haben. Eine Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur würde auch zu einem verstärkten Abschmelzen von Festlandsgletschern, insbesondere aber der polaren Eiskappen in der Arktis führen. Die unmittelbar prognostizierten Folgen wären ein Anstieg des Meeresspiegels um bis zu 60 cm, mit dramatischen Folgen für eine Vielzahl von Inseln die nur knapp über dem Meeresspiegel liegen oder für Länder wie Bangladesch, die tief ins Land reichende, flache Küstengebiete aufweisen.²⁷

Die klimatischen Auswirkungen auf die Wasserhaushalte werden regional schwanken: Eine erhöhte Durchschnittstemperatur führt im Allgemeinen zu einer stärkeren Verdunstung, was bei gleichzeitig ausbleibenden bzw. nachlassenden Niederschlägen zu einer Austrocknung des Bodens sowie sinkenden Flusspegeln führt und auch den Grundwasserspeichern weniger Wasser durch Versickerung zuführen wird.

Einhergehend mit extremerem Wettergeschehen werden in manchen Regionen auch heftigere, unregelmäßigere Niederschläge prognostiziert,²⁸ die in kurzen Zeiträumen abregnen, was einerseits zu Überflutungen und einem schnellen Überlandabfluss des Wassers und andererseits zu Bodenerosionen führen kann.²⁹ Flusspegelstände werden in solchen Gebieten großen Schwankungen unterliegen. Gerade der schnelle Abfluss von Wassermassen kann nicht zur Regeneration der Grundwasserspeicher beitragen, aufgrund der langsam vorstattgehenden Versickerungsprozesse füllen sich Grundwasserspeicher effektiv nur durch über längere Zeiträume auftretende Niederschläge wieder auf.

Es ist anzunehmen, dass im Gegenzug der Zugriff auf vorhandene Grundwasserreserven in den betroffenen Regionen steigen wird. Gerade in Hinblick auf fossile Aquifere oder sich nur langsam erneuernde Grundwasserschichten werden in absehbarer Zeit sinkende Grundwasserpegel die Folge sein. Als Resultat werden bodennahe Wasserquellen und Brunnen austrocknen und der technische Aufwand zur Erschließung des Grundwassers ansteigen. Dieses ist insbesondere für Entwicklungs- und Schwellenländern relevant, die ganzjährig oder übergangsweise (z.B. in Trockenzeiten) auf die Wasserversorgung durch Flüsse oder Brunnen angewiesen sind, sei es zur Trinkwasserversorgung oder für die Landwirtschaft. Eine unmittelbare Konsequenz in diesen Ländern wäre der Rückgang landwirtschaftlich nutzbarer Flächen oder der industriellen Produktion, da hier zumeist die nötigen wirtschaftlichen Ressourcen fehlen, um eine kostenintensive großflächige Bewässerungslandwirtschaft aufrechtzuerhalten oder aus wirtschaftlichen Gründen keine alternativen Wasserressourcen erschlossen werden können.

Die Folgen der globalen Erwärmung können insgesamt auch zu Habitatverlagerungen führen – zu einer merklichen Verschiebung von Klimazonen.^{30,31}

Einige Länder die bereits heute unter Dürre zu leiden haben, werden diese zukünftig in deutlich verstärkter Form erfahren. In Regionen des südlichen Europas wird zukünftig mit noch weniger Niederschlägen gerechnet und selbst in Deutschland gehen Experten in der

26 IPCC (2007): *Climate Change 2007 - Synthesis Report*, Panel on Climate Change (IPCC), S. 30ff.

27 IPCC (2007: 45).

28 Min, Seung-Ki et. al. (2011): *Human contribution to more-intense precipitation extremes*, Nature, Vol. 470, S. 378-381, 17. Februar 2011.

29 Pall, Pardeep et. al. (2011): *Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risks in England and Wales in autumn 2000*, Nature, Vol. 470, S. 382-386, 17. Februar 2011.

30 IPCC (2007: 48ff).

31 Siehe u.a. Seneviratne, Sonia I. et. al. (2006): *Land-atmosphere coupling and climate change in Europe*, Nature, Vol. 443, S 205-209, 14. September 2006.

Region Brandenburg von einer stark sinkenden Grundwasserneubildung und einer daraus möglicherweise resultierenden Versteppungsgefahr aus.³² Auf der anderen Seite könnten einige Regionen aber durchaus auch von einem Temperaturanstieg profitieren. In Folge einer Nordverschiebung der Agrarzonen, könnte so zum Beispiel in einigen Gebieten des nördlichen Russlands erstmalig Agrarwirtschaft möglich werden, in südlicheren Gegenden ist dafür im Gegenzug mit zunehmender Trockenheit zu rechnen.³³

Insbesondere das Abschmelzen von Festlandsgletschern würde eine Anzahl von Flusssystemen vor eine große Herausforderung stellen. Die Mehrzahl der Flüsse in Zentralasien zum Beispiel speist sich zu einem erheblichen Anteil aus Gletscherwasser, das seinen Ursprung im Himalaja bzw. im tibetanischen Hochland hat. Diese im Hochgebirge entspringenden Flüsse wären bei zurückgehenden Gletschern eines erheblichen Anteils ihres Wassers beraubt, was stark sinkende Flusspegel zur Folge und insofern fatale Auswirkungen hätte, als diese Flüsse die wichtigste Wasserquelle für Gebiete darstellen, die eine der weltweit größten Bevölkerungsdichten aufweisen.

Aber auch der Anstieg des Meeresspiegels auf Grund abschmelzender Festlandsgletscher hat weitreichende Folgen. Neben möglichen physikalischen Auswirkungen auf die Strömungsmechanismen der Weltmeere durch Temperaturveränderungen und eine verringerte Salzkonzentration des Meereswassers,³⁴ sind viele tiefliegende Inseln und Küstengebiete akut von Überschwemmung bedroht.³⁵ Im Falle Bangladeschs wären – etwa bei einem Anstieg des Meeresspiegels um einen Meter – ca. 17 % des Landes von Überschwemmungen bedroht und geschätzte 40 Millionen Menschen ihres angestammten Lebensraums beraubt. Ferner besteht die Gefahr, dass Meerwasser mit steigendem Pegel im zunehmenden Maße in küstennahe Grundwasserspeicher eindringen und das dortige Süßwasser unbrauchbar machen könnte (*Salzwasserintrusion*).³⁶

Auch die regionalen Ökosysteme und damit die Verbreitung und zukünftige Ausbreitungsrichtung von Tier- und Pflanzenarten werden den prognostizierten klimatischen Veränderungen unterliegen.³⁷ In Folge erhöhter Temperaturen und Überschwemmungen werden sich Krankheitserreger und Insekten (d.h. auch entsprechende Wirtstiere) neue Lebensräume erschließen und können zur geografischen Ausbreitung von Infektionskrankheiten beitragen.³⁸

Regionale sozioökonomische Einflüsse

Neben den möglichen negativen Einflüssen der globalen Erderwärmung auf Wasserhaushalte, spielt auch die sozioökonomische Entwicklung eine entscheidende Rolle.

Das Bevölkerungswachstum ist eine der entscheidenden Größen, wenn es um die Prognose eines zukünftigen regionalen Ressourcenbedarfs geht. Leben heute etwa 6,9 Mrd. Menschen

32 BUND (2007): *Grundwasser – Guter Zustand bis 2015!*, Hintergrund, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., März 2007.

33 Götze, Roland (2009): *Klimawandel in Russland*, Diskussionspapier FG 8, Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP) Berlin, April 2009.

34 Rahmstorf, Stefan (2002): *Ocean circulation and climate during the past 120,000 years*, Nature, Volume 419, 12. September 2002.

35 McGranahan, Gordon / Balk, Deborah / Anderson, Bridge (2007): *The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones*, Environment & Urbanization, Vol. 19, No. 1, S. 17-37, April 2007.

36 Scheffran, Jürgen / Battaglini, Antonella (2011): *Climate and conflicts: the security risks of global warming*, Regional Environmental Change, Volume 11, Supplement 1, S. 27-39, März 2011.

37 Parmesan, Camille / Yohe, Gary (2003): *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*, Nature, Vol 421, S. 37-42, 2. Januar 2003.

38 Epstein, Paul R. (2001): *Climate change and emerging infectious diseases*, Microbe and infection, 3, S. 747-754, 2001.

auf der Erde, so geht eine UN-Schätzung von acht Mrd. Menschen im Jahr 2025 und 9,1 Mrd. im Jahr 2050 aus. Unmittelbar bedeutet dies, dass es einen Mehrbedarf an Wasser für 2,2 Mrd. Menschen gibt, die – so ist aufgrund der Statistiken zu befürchten – in Entwicklungsregionen leben werden, die bereits heute größtenteils nicht über eine gesicherte Wasserversorgung verfügen. Der Anteil der städtischen Haushalte, die in einem Entwicklungsland an das Leitungsnetz angeschlossen sind, beträgt Schätzungen zu folge etwa 30%, wobei damit aber noch keine Aussage über die Qualität des Wassers und die Versorgungssicherheit gemacht ist.³⁹ Ein großes Problem wird auch die Zunahme regionaler Ballungszentren (Mega-Cities) darstellen, die aufgrund ihres enormen „punktuellen Wasserbedarfs“ eine große Herausforderung für die Infrastruktur zur Wasser- und Sanitärversorgung sind.

Heutzutage werden immer noch 90 bis 95% aller weltweiten Abwässer aus Industrie und Haushalten ungeklärt in Gewässer eingeleitet.⁴⁰ Gerade Entwicklungsländer verfügen in den überwiegenden Fällen nicht über ausreichende Abwasserreinigungskapazitäten (Kläranlagen), die Abwässer werden vielmehr nahezu ungeklärt wieder an die Umwelt abgeführt und so die verbliebenen Wasserressourcen in einem erheblichen Maße unbrauchbar gemacht. Die möglichen Folgen in einer solchen Region wären eine starke gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung, ein (nochmalig) verstärkter Mangel an Trinkwasser und sanitärer Versorgung sowie erhebliche Schädigung der Land- und Flussökosysteme.

Neben dem Trinkwasser für 9,1 Mrd. Menschen im Jahr 2050 wird es auch auf dem Agrarsektor zu einem erheblichen Anstieg der Produktion kommen müssen. Bereits heute werden aber bereits ca. 70% aller Frischwasserentnahmen für die Landwirtschaft getätigt, in semiariden Regionen beträgt dieser Anteil sogar mehr als 90%. Gerade die sehr wasserintensive Bewässerungslandwirtschaft gestaltet sich dabei in vielen Regionen als sehr unwirtschaftlich bzw. ineffizient und geht mit enormen Wasserverlusten von manchmal mehr als 50% Prozent einher. In vielen Ländern wird die Bewässerungslandwirtschaft aber dennoch aus Prestige Gründen weiter vorangetrieben, einhergehend mit einem enormen Wasserbedarf, der in keinem Verhältnis zur volkswirtschaftlichen Wertschöpfung steht. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Faktor ist die zunehmende Einleitung ungeklärter Abwässer und von Fäkalien und die steigende Nährstoffbelastung von Gewässern.⁴¹

Auf der anderen Seite führt zunehmender Wohlstand in vielen Schwellenländern auch zu einem gesteigerten Konsum. Die steigende Nachfrage nach Konsumgütern wie Unterhaltungselektronik, Autos, aber auch die Änderung von Ernährungsgewohnheiten lässt den produktionsbedingten Wasserverbrauch (virtuelles Wasser) stark anwachsen. Gerade die Veränderung der Essgewohnheiten hin zu mehr tierischen Produkten wie z.B. Fleisch, resultiert in einem erheblichen Anstieg der Menge an virtuellem Wasser (fast jeder zehnte Liter Frischwasser den die Menschheit verbraucht fließt in die Viehhaltung). Die Frage ist also nicht, wie viel Wasser ein Mensch pro Tag trinkt (etwa 2-5 Liter), sondern wie viel Wasser er „konsumiert“ – in den Industrienationen wird diese Menge auf etwa 3.000 bis 4.000 Liter pro Tag/Person geschätzt.⁴²

Die fortschreitende industrielle Entwicklung vieler Staaten führt ebenso zu einem erheblich ansteigenden Bedarf an Brauch- und Nutzwasser. Dieses gilt insbesondere bei Ausbau der industriellen Produktion und der Energieversorgung. Gerade Investitionen in Wasserkraftanlagen, die überwiegend mit Staumaßnahmen an Flüssen einhergehen, können

39 BMZ (1995: 8).

40 BMZ(2006: 9).

41 BMZ(2009: 6).

42 World Economic Forum (2008) und BBU (2006): „*Virtuelles Wasser*“ - *Wo kommt unser Wasser*, Reader zur Wasser Berlin 2006, Freiburger Arbeitskreis Wasser im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU).

zu erheblichen Eingriffen in die natürlichen Flussmechanismen und zur Beeinträchtigung der Wasserversorgung anderer Flussanliegerstaaten führen.

5. Wasser ein Threat-Multiplier?

Aus sicherheitspolitischer Perspektive ist von entscheidender Bedeutung, inwiefern der dauerhafte oder zeitweise Mangel an Wasser regional zu Konfliktsituationen führen oder diese verstärken könnte. Maßgeblich bei der Betrachtung wird hierfür zum einen die Rolle möglicher klimatischer Veränderungen, zum anderen aber auch die Stabilität der regionalen/staatlichen Strukturen und der Grad der regionalen/innerstaatlichen Anpassungsfähigkeit (technologische, strukturelle Anpassung) sein.⁴³ Auf zwischenstaatlicher Ebene spielen das Mächteverhältnis, die Legitimität der Ansprüche und die internationale Bedeutung/der internationale Einfluss entscheidende Rollen. Nach der Identifizierung wasserbedingter Konfliktpotenziale stellt sich nun die Frage, wie der Konflikt aller Vorrausicht nach ausgetragen wird und welche Möglichkeiten und Instrumentarien der Steuerung – hin zu einer kooperativen Konfliktlösung – ergriffen werden können.⁴⁴

Recht auf Wasser?

In der Vergangenheit beschäftigten sich bereits zahlreiche internationale Konventionen und Übereinkünfte mit der Thematik grenzüberschreitender Wassernutzung. Darüber, dass der Zugang zu und die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen Trinkwassers ein lebensnotwendiges menschliches Bedürfnis ist, herrscht international Konsens. Dennoch wurde das Recht auf Wasser trotz mehrmaliger Versuche bisher nicht als allgemeingültiges rechtsverbindliches Menschenrecht anerkannt. Mit der Annahme des *General Comments No. 15 on Right to Water* durch den UN-Ausschuss über Wirtschaftliche, Soziale und Kulturelle Rechte im November 2002 wird die ausreichende Versorgung mit Trinkwasser jedoch erstmalig als ein Menschenrecht interpretiert:⁴⁵

„The human right to water entitles everyone to sufficient, safe, acceptable, physically accessible and affordable water for personal and domestic uses.“

Als ausreichend (*sufficient*) gilt eine Menge an Wasser, wenn sie den geographischen und sozialen Gegebenheiten sowie internationalen Richtlinien genügt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) bemisst den Grundbedarf an Wasser mit 20 Litern pro Person und Tag. Wasser muss darüber hinaus gewissen Sicherheitsanforderungen und Qualitätsansprüchen der WHO genügen (*safe*) und innerhalb einer sicheren, unmittelbaren Umgebung zugänglich sein (*physically accessible*). Von elementarer Wichtigkeit ist, dass Wasser erschwinglich sein muss und dessen Kosten niemanden darin einschränken sollen, andere essentielle Güter zu kaufen (*affordable*). Wasser und die damit zusammenhängenden Dienstleistungen (wozu explizit auch sanitäre Anlagen zu rechnen sind) müssen also allen Bevölkerungsgruppen zu diesen Bedingungen zugänglich sein. Gerade für Schwellen- und

43 Siehe u.a. WBGU (2008): *Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel*, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen, Springer-Verlag, Berlin, 2007; CAN (2007:.) *National Security and the Threat of Climate Change*, CNA Corporation, 2007; Scheffran (2011).

44 Weiterführende Literatur hierzu: Chatterji, Manas / Arlosoroff, Saul / Guha, Gauri (ed.) (2002): *Conflict Mangament of Water Resources*, Ashgate Publishing, 2002; Pachova, N. I. / Nakayama, M. / Jansky, L. et. al. (ed.) (2008): *International Water Security – Domestic Threats and Opportunities*, United Nations University Press, Tokyo, 2008; Conca, Ken (2006): *Governing Water - Contentious Transnational Politics and Global Institution Building*, The MIT Press, Cambridge, 2006.

45 Committee on Economic, Social and Cultural Rights, *General Comment 15 (The Righth to Water)*, UN Doc. E/C.12/2002/11, <http://www2.ohchr.org/english/bodies/cescr/comments.htm> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

Entwicklungsländern bedeutet dies in vielen Fällen, dass Wasser eigentlich kostenlos zur Verfügung gestellt werden müsste.

Eine zunehmend zu beobachtende, weltweite Privatisierung staatlicher Wasserversorgung und die Veräußerung der Rechte an Wasservorkommen wirken diesem Grundsatz zumeist entgegen.⁴⁶ Die mit einer Privatisierung zumeist einhergehende angestrebte Gewinnsteigerung – zum einen durch Anhebung der Endverbraucherpreise, zum anderen durch Einsparungen an den Investitionen in die Infrastruktur – kann in einigen Ländern dazu führen, dass sich Teile der Bevölkerung sauberes Wasser finanziell nicht länger leisten können.⁴⁷ Einsparungen bei den Investitionen und die daraus resultierende mangelhafte Wartung des Leitungsnetzes kann auf der anderen Seite zu erheblichen Wasserverlusten, Druckabfall in den Netzen, bis hin zu einer nicht mehr durchgehend gewährleisteten Wasserversorgung führen.⁴⁸

Grundsätzlich gilt es zu unterscheiden zwischen dem (Privat-)Eigentum und der Gebietshoheit über Wasser. Für den völkerrechtlichen Begriff; „Gebietshoheit über Wasser“ gibt es bisher noch keine rechtlich verbindlichen Abkommen oder Verträge, die den grenzüberschreitenden Umgang mit Wasser universell regeln. Vielmehr hat sich im Laufe der Jahre ein sogenanntes Gewohnheitsrecht herausgebildet, ein ungeschriebenes Recht, das „aus der kontinuierlichen Praxis erwächst, die von der Überzeugung getragen sein muss, dabei rechtsgeleitet zu handeln“.⁴⁹

In der Frage, wie mit grenzüberschreitenden Wasserressourcen verfahren werden darf, kann man zwei extreme Positionen voneinander abgrenzen; die *absolute territoriale Verfügungshoheit* und die *absolute territoriale Unversehrtheit*.

Der Begriff der *absoluten territorialen Verfügungshoheit*, der im Wesentlichen durch die Harmon-Doktrin von 1896 geprägt wurde, spricht jedem Staat die absolute Hoheitsgewalt über sein Staatsgebiet, einschließlich aller darin befindlicher Ressourcen zu. Diese Extremposition würde einem Staat im Fall grenzüberschreitender Wasserressourcen also das Recht zubilligen, alle auf seinem Gebiet befindlichen Wasserressourcen zu nutzen, umzuleiten oder sogar zu verunreinigen, ohne dass er Rücksicht auf einen Unterliegerstaat nehmen müsste („souveränes Recht auf Rücksichtslosigkeit“)⁵⁰.

Der konträre Standpunkt ist das Prinzip der *absoluten territorialen Unversehrtheit*, das einem Staat die qualitative oder quantitative Beeinträchtigung grenzüberschreitender Ressourcen verbietet. In Bezug auf die Problematik grenzüberschreitender Wasserressourcen würde dies bedeuten, dass ein Oberliegerstaat auf seinem Gebiet befindliche oder dieses durchquerende Wasservorkommen nur insofern nutzen darf, als es dadurch zu keiner Beeinträchtigung der Abflussmenge oder der Wasserqualität kommt.

Diese beiden Extrempositionen grenzen nach beiden Seiten den Rahmen möglicher rechtlicher Auffassungen ab, die in der Praxis angewendete Rechtsauffassung wird aber irgendwo „in der Mitte“ zu finden sein. Dies wird häufig auch mit dem Begriff der *eingeschränkten Gebietshoheit* umschrieben. Hiernach muss jedem Staat im Einzugsgebiet das Anrecht auf einen angemessenen Anteil der gemeinsamen Wasserressource eingeräumt

46 Siehe hierzu u.a.: Barlow, Maude / Clarke, Tony (2003): *Blaues Gold – Das globale Geschäft mit dem Wasser*, zeitgeist, RM Buch und Medien Vertrieb, 2003; Shiva, V. (2002): *Water Wars - Privatization, Pollution, and Profit*, South End Press, Cambridge, MA, 2002.

47 Shiva (2002: 102ff); Barlow (2003: 85).

48 Barlow (2003: 122).

49 Kunig, Philip (2004): *Konflikt um das Wasser – Was sagt das Völkerrecht?*, fundiert Wissenschaftsmagazin der FU Berlin, 2/2004, <http://www.elfenbeinturm.net/archiv/2004b/01.html> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

50 Kunig (2004).

werden. Ferner obliegt es jedem Anrainer dafür Sorge zu tragen, dass keinem anderen Anrainer durch die Nutzung der Ressource ein wesentlicher, vermeidbarer Schaden entsteht.⁵¹

Verschiedene internationale Konventionen und Rahmenabkommen machen sich diese Auffassung zu eigen. Hervorzuheben sind hier unter anderem die *Helsinki Rules on the Use of the Waters of International Rivers* (1966)⁵², die *Ministerial Declaration on Water Security in the 21st Century* (2000)⁵³, insbesondere aber die *Convention on the Law of the Non-navigational Uses of International Watercourses*, die nach zehnjährigen Konsultationen 1997 von der UN-Vollversammlung verabschiedet wurde.⁵⁴ Die für das Inkrafttreten des Abkommens erforderliche Ratifikation durch 35 Staaten wurde bisher jedoch noch nicht erreicht.

Von entscheidender Bedeutung in Bezug auf die Nutzung grenzüberschreitender Wasserressourcen, sowohl von Flüssen als auch von Grundgewässern, waren bisher vor allem zwischenstaatliche Abkommen. Für solche bi- und multilaterale Abkommen gibt es zahlreiche Beispiele (z.B. Jordanien/Israel⁵⁵) und die Erfahrung über die letzten Jahrzehnte bestätigt die stabilisierende Wirkung rechtzeitiger, zwischenstaatlicher Konsultationen. Als Beispiel für die Stabilität wassernutzungsspezifischer Vereinbarungen kann so u.a. der 1960 geschlossene *Indus Waters Treaty* (IWT) zwischen Indien und Pakistan über die Nutzung des Wassers der gemeinsamen Flüsse und Kanäle angeführt werden. Trotz dreier Kriege hatte das IWT immer Bestand, wurde selbst in Zeiten militärischer Auseinandersetzung nie ausgesetzt und könnte Vorbild für eine längerfristige Lösung des indisch-pakistanischen Konflikts sein.⁵⁶ Ein weiteres gelungenes Beispiel für eine multilaterale Flusskooperation ist die Mekong-Initiative (MEK-WATSAN), in der die Anrainerstaaten der Mekong-Region zusammen mit dem *United Nations Settlement Programme* (UN-HABITAT) im Bereich Flusswassermanagement und dem Aufbau regionaler Wasser- und Sanitärversorgung kooperieren.⁵⁷

Wassermangel

Heute geht man davon aus, dass etwa 2,3 Mrd. Menschen in Gebieten leben, die mit Wasserarmut (*water stress*) zu kämpfen haben, und diese Zahl wird bis 2025 auf voraussichtlich 3,5 Mrd. Menschen ansteigen.⁵⁸ Der UN World Water Development Report 3 rechnet im Jahr 2020 mit 75 bis 250 Millionen Menschen, die allein in Afrika unter

51 BMZ (1995).

52 *Helsinki Rules* – Richtlinien-text (pdf): http://webworld.unesco.org/water/wwap/pcpp/cd/pdf/educational_tools/course_modules/reference_documents/internationalregionconventions/helsinkirules.pdf (letzter Zugriff am 30.05.2011).

53 *Ministerial Declaration on Water Security* (pdf): http://www.worldwaterforum5.org/fileadmin/wwc/Library/Official_Declarations/The_Hague_Declaration.pdf (letzter Zugriff am 30.05.2011).

54 *UN-Konvention 51/229*, http://untreaty.un.org/ilc/texts/instruments/english/conventions/8_3_1997.pdf (letzter Zugriff am 30.05.2011).

55 Schwarz, R. (2004): *The Israeli-Jordanian Water Regime: A Model for Resolving Water Conflicts in the Jordan River Basin*, PSIS Occasional Paper Number 1/2004, Programme for Strategic and International Security Studies (PSIS), 2004

56 Sahni, Hamir K. (2006): *The Politics of Water in South Asia: The Case of the Indus Waters Treaty*, SAIS Review, Volume 26, Number 2, S. 153-165, Sommer-Herbst 2006, Johns Hopkins University Press.

57 UN-HABITAT (2010): *The Mekong Region Water and Sanitation Initiative – WATSAN*, Informationsbroschüre, 2010, abrufbar unter: <http://www.unlao.org/UNCT/UNHABITAT/docs/Brochures/publication/MEK-WATSAN/Brochure/July/2010.pdf> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

58 WRI (2002): *Tomorrow's Markets - Global Trends, and Their Implications for Business*, World Resource Institute, 2002.

Wasserarmut leiden werden.⁵⁹ Etwa 1,1 Mrd. Menschen weltweit haben keinen Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Trinkwasser und 2,6 Mrd. Menschen fehlt es an einer adäquaten Sanitärversorgung.⁶⁰ Die Weltgesundheitsorganisation geht davon aus, dass 80% aller Krankheiten in den Entwicklungsländern auf eine mangelhafte Wasser- und Sanitärversorgung sowie fehlende Hygieneerziehung zurückzuführen sind.⁶¹ Täglich sterben schätzungsweise 4.500 Kinder auf Grund verunreinigten Wassers oder an den direkten Folgen einer fehlenden Sanitärversorgung (das sind über 1,6 Mio. Kinder pro Jahr).⁶²

Zur Bestimmung des Grades von Wasserarmut (water stress) oder Wasserknappheit (water scarcity) gibt es keine allgemein anerkannte Definition. Bei Wasserknappheit handelt es sich um eine verschärfte Form der Wasserarmut. Wenn in einer Region eine große Anzahl von Menschen keinen Zugang zu sicherem und erschwinglichem Wasser haben, um ihre unmittelbaren Bedürfnisse (Trinken, Waschen etc.) und ihre Lebensgrundlage abzusichern, kann man von Wasserknappheit sprechen.⁶³ Wasserknappheit ist nach dem *Falkenmark Water Stress Index* (siehe Tabelle 2) dann gegeben, wenn pro Jahr und Einwohner eines Landes, weniger als 1.000 m³ erneuerbarer Wasserressourcen zur Verfügung stehen. Der Falkenmark-Index ist dabei eine absolute Größe, die für alle Länder gleichermaßen gilt und anhand der vorhandenen erneuerbaren Wassermenge in Relation zur Bevölkerungsgröße ermittelt wird. Kritisiert wird der Index u.a., weil er weder den landestypischen Lebensstandard (welches sind die Mindestbedürfnisse), den Wasserbedarf des Ökosystems, noch die Herkunft und Erschließbarkeit des Wassers oder etwaige zeitliche und räumliche Schwankungen mit einbezieht.

Eine Reihe von Indizes versucht sich unter Einbeziehung von sozioökonomischen Faktoren und Wasserindikatoren an einer realistischeren Lageeinschätzung.⁶⁴ Der *Social Water Stress Index* zum Beispiel gewichtet den Falkenmark-Index unter Verwendung des *Human Development Indexes* des UN-Entwicklungsprogrammes (*UNDP*) und bezieht auf diese Weise auch die adaptiven Fähigkeiten (technisch, wirtschaftlich etc.) eines Landes zur Bewältigung von Wasserknappheit mit ein. Weitere zumeist erheblich komplexere Indizes der jüngeren Forschung sind zum Beispiel der *Water Resource Vulnerability Index*, die *Physical and Economic Scarcity Indicators* und der *Water Poverty Index*.

Die Feststellung, ob ein Staat zumindest temporär unter Wassermangel oder sogar an Wasserknappheit zu leiden droht, hängt wesentlich davon ab, inwiefern dieser über erneuerbare Wasserressourcen (Niederschlag, Quellen/Zuflüsse) verfügt und ob diese zeitlich gesichert sind bzw. welches Potenzial er hat, Frischwasser ggf. zu importieren oder technologisch zu gewinnen (siehe hierzu Tabelle 3).

59 World Water Assessment Programme (2009): *The United Nations World Water Development Report 3 - Water in a Changing World*, UNESCO, Paris, 2009.

60 BMZ (2006).

61 BMZ (2006).

62 Daten von der Webseite: UNICEF - *Children and Water: Global Statistics*, http://www.unicef.org/wash/index_31600.html (letzter Zugriff am 30.05.2011).

63 Rijsberman, Frank R. (2004): *Water Scarcity: Fact or Fiction?*, in "New Directions for a diverse planet", Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26. Sept. – 1. Okt. 2004, Brisbane (Australien), abrufbar unter: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/pdf/1994_rijsbermanf.pdf (letzter Zugriff am 30.05.2011).

64 Rijsberman (2004: 2).

Arten der Frischwasserversorgung, deren Verlässlichkeit, Abhängigkeit von Dritten bzw. erforderliche Kosten (ohne Einbeziehung klimatischer Einflüsse) Legende: X = trifft zu (X) = trifft unter Umständen zu	verlässlich	unstetig	nicht erneuerbar	Abhängigkeit	hohe Kosten
Erneuerbares, territoriales Frischwasser (durch Niederschlag)	X	(X)			
geologische Grundwasserleiter (schnelles Grundwasser)	X	(X)			
Fossile Grundwasservorkommen	X		X		(X)
stetiger Frischwasserzufluss von außerhalb des eigenen Territoriums (Flüsse/Grundwasser)		(X)		X	
Frischwassererzeugung (Meerwasserentsalzung)	(X)				X
Möglichkeit von Wasserimporten				X	X

Tabelle 3 : Verschiedene Arten der Frischwasserversorgung: Verlässlichkeit des Zugriffs, unstetige oder nur zeitlich begrenzte Verfügbarkeit, Abhängigkeit von anderen Akteuren oder hohe anfallende Kosten (eigene Darstellung).

Territoriales, durch ausreichende Niederschläge erneuerbares Frischwasser (Flüsse, Seen Grundwasser) ist als wichtigste Wasserquelle anzusehen, unstetig auftretende Niederschläge können aber einen Unsicherheitsfaktor in der Versorgung darstellen. Das Vorhandensein von lokalen Grundwasserleitern stellt einen wichtigen natürlichen Speichermechanismus für Frischwasser (zumeist Sickerwasser aus Niederschlägen) dar und ist weltweit eine wichtige Grundlage der Wasserversorgung.⁶⁵ Die Regeneration (Grundwasserneubildung) von Grundwasserleitern weist jedoch eine hohe Niederschlagsabhängigkeit auf. Fossile Grundwasservorkommen sind grundsätzlich eine sichere Wasserressource, die sich jedoch nicht zeitnah erneuert. Deckt ein Land seine Frischwasserversorgung durch Frischwasserzuflüsse von außerhalb des eigenen Territoriums (Flüsse oder fließende Grundgewässer), besteht eine Abhängigkeit von dritten Akteuren (Oberliegerstaaten). Die Frischwassererzeugung durch z.B. Meerwasserentsalzungsanlagen kann grundsätzlich als verlässlich angesehen werden, unterliegt allenfalls technischen oder energetischen Unsicherheitsfaktoren, ist aber auch sehr kostenintensiv. Die eigene Frischwasserversorgung durch Wasserimporte abzudecken ist mit hohen Kosten und einer erheblichen Abhängigkeit verbunden.

Ein Beispiel für ein Land, das in Bezug auf die territorial erneuerbaren Wasserressourcen unter absoluter Wasserknappheit leidet, in der Realität seine Bevölkerung aber durch die grenzüberschreitenden Wasserressourcen des Nils versorgen kann, ist Ägypten. Dem *Falkenmark Water Stress Index* zufolge leidet ein Land unter absoluter Wasserknappheit, wenn es weniger als 500 m³ Frischwasser pro Jahr und Einwohner zur Verfügung hat. Das Wasser des Nils eingerechnet bringt es Ägypten auf etwa 900 m³ Wasser pro Kopf/Jahr,⁶⁶ was dem Status leichter Wasserknappheit entspricht (siehe hierzu Tabelle 2). Rechnet man nun aber alle grenzüberschreitenden Zuflüsse ab, beträgt die Ägypten zur Verfügung stehende Menge an regionalem, erneuerbarem Frischwasser nur noch 30 m³ pro Jahr und Einwohner. Ägypten das 97% seines Frischwassers durch den Nil und damit von außerhalb seines

65 Themenseite Grundwasser der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, abrufbar unter: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/grundwasser_node.html (letzter Zugriff am 30.05.2011).

66 Sager, W. (2008): *Fluss ohne Mündung: Klimawandel - Wassermangel - Sicherheit*, Bouvier Verlag, Bonn, 2008.

Territoriums bezieht, ist also in einem hohen Maße von dem Wassernutzungsverhalten der Oberliegerstaaten (u.a. Sudan, Äthiopien, Uganda Tansania, Kenia etc.) abhängig. Der in diesem Fall besonders hohe Grad der Abhängigkeit birgt daher auch ein großes Konfliktpotenzial. Für den Fall, dass einer der Oberliegerstaaten den bisherigen Wasserfluss des Nils erheblich einschränkt oder Wasser in einem potenziellen Konflikt gegenüber Ägypten als Druckmittel einsetzt, hat Ägypten wiederholt militärische Schritte angedroht.⁶⁷

Konfliktpotenziale

Die möglichen Konfliktpotenziale in Hinsicht auf die Ressource Wasser sind vielfältig. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll zwischen *nationalen* und *transnationalen* Konflikten zu unterscheiden, also zwischen möglichen Konflikten, die innerhalb eines Landes ausgetragen werden, und solchen, die sich zwischen zwei souveränen Staaten abspielen (siehe Tabelle 4).

Transnationale Konflikte

Die Konfliktlinie eines möglichen Wasserkonflikts zwischen zwei Staaten wird in erster Linie an einem gemeinsam genutzten Fluss oder Grundwasserreservoir verlaufen. Konfliktfaktoren können hier eine steigende Wasserentnahme, Flussumleitungen, Staumaßnahmen oder eine Beeinflussung der Wasserqualität sein.

Es gibt heute weltweit etwa 263 grenzüberschreitende Flusssysteme, die Einzugsgebiet für etwa 60 % des globalen Frischwassers sind. Für 157 dieser Flusssysteme existieren bisher jedoch keine internationalen Rahmenabkommen, die die Wassernutzung oder Entnahme regeln. Die übrigen Flusssysteme sind zum überwiegenden Teil Grundlage bilateraler Übereinkünfte, nur für ein Drittel bestehen multilaterale Abkommen, die alle Anrainerstaaten mit einbeziehen.⁶⁸

In Bezug auf grenzübergreifende Grundwasservorkommen (*Transboundary Aquifers*) sind mögliche zukünftige Konfliktlinien im Vorfeld nur schwer zu lokalisieren. Da Grundwasservorkommen unter der Erde liegen, ist ein teilweise erheblicher technischer und finanzieller Aufwand notwendig, um die entsprechenden Vorkommen zu lokalisieren, auszumessen und ihre genaue Lage in zwischenstaatlichen Grenzregionen zu bestimmen. Das *Internationally Shared Aquifer Resources Management (ISARM) Programm*⁶⁹ – eine kooperative Zusammenarbeit des *Hydrological Programme (IHP)* der UNESCO und der *International Association of Hydrogeologists (IAH)* – hat sich die weltweite Erfassung der großen Aquifer-Systeme zur Aufgabe gemacht. Das Ziel ist hierbei vor allem, das Verständnis der wissenschaftlichen, sozioökonomischen, rechtlichen, institutionellen und ökologischen Zusammenhänge und Indikatoren zu stärken, die für ein effektives kooperatives Management von grenzüberschreitenden Grundwasservorkommen vonnöten sind.

Ein weiteres indirektes zwischenstaatliches Konfliktpotenzial kann auch durch transnationale Migration entstehen, die durch innerstaatlichen Wassermangel oder Nutzungskonflikte ausgelöst wird: Sogenannte Umweltflüchtlinge – ihrer bisherigen Lebensgrundlagen beraubt – suchen ihr Glück in Nachbarländern oder wagen eine manchmal lebensgefährliche Passage in weiter entfernte Drittstaaten.

Nationale Konfliktlinien

Innerstaatliche Wasserkonflikte entstehen dann, wenn es zu einer zeitweisen oder dauerhaften Einschränkung bzw. Unterbrechung der Wasserversorgung kommt. Zum einen kann diese Einschränkung durch klimatische Faktoren bestimmt sein (ausbleibende Niederschläge,

67 Sager (2008).

68 Sager (2008: 223).

69 Webseite des ISARM Programms: <http://www.isarm.net/> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

Hitzewelle), zum anderen kann sie auf einer Umverteilung der Wasserressourcen beruhen. Bei der innerstaatlichen Wasserverteilung müssen eine Vielzahl verschiedener Interessengruppen berücksichtigt werden, wie zum Beispiel die Landwirte, Viehbauern, Produktionsbetriebe, Konzerne und die Bevölkerung. Konfliktlinien verlaufen immer da, wo eine Interessengruppe unverhältnismäßig viel Wasser zum Nachteil einer anderen Gruppe entnimmt (oder unbrauchbar macht) oder sich die Besitzverhältnisse von Wasserressourcen verändern bzw. die Kosten für Wasser steigen. Das Fehlen entsprechender Kompensationsmechanismen (z.B. Erschließung neuer Wasserressourcen), finanzielle Schwierigkeiten Wasser zu kaufen, vor allem aber nicht vorhandene oder nur schwach ausgeprägte staatliche Strukturen – die regulierend eingreifen könnten – wirken konfliktverschärfend. Für den Fall, dass in einem Land nur auf regionaler Ebene Wasserengpässe auftreten, kann vor allem eine dadurch hervorgerufene innerstaatliche Migration zu erheblichen Spannungen zwischen Bevölkerungsgruppen oder Ethnien führen.

	mögliche Konfliktlinien		
	transnationale		nationale
	Grenzüberschreitende Flüsse	Länderübergreifende Grundwasservorkommen	Innerstaatliche Wasservorkommen
Konflikt-Ursachen	Wasserentnahme, Umleitung, Staumaßnahmen, Wasserqualität	Wasserentnahme	Verfügbarkeit, Erschließbarkeit, Besitzverhältnisse, Wasserkosten
mögliche Folgen	diplomatischer Konflikt, Sanktionen, militärischer Schlagabtausch, Migration		Migration (innerstaatlich oder transnational), Destabilisierung, gewaltförmige Konflikte
Präventionsmaßnahmen	rechtliche Rahmenvereinbarungen/Abkommen		Gesetzgebung, staatliche Strukturen

Tabelle 4: Transnationale und nationale Konfliktlinien in Bezug auf Wasserressourcen; mögliche Konfliktursachen, Folgen und Präventionsmaßnahmen (eigene Darstellung).

Kooperation vs. Konflikt

Der direkte Einfluss klimatischer Veränderungen auf regionale Konfliktpotenziale ist zumeist nur schwer abzugrenzen und nur über längere Zeiträume sichtbar. Dementsprechend lassen sich die unmittelbaren sicherheitspolitischen Folgen klimatischer Veränderungen auch nur schwer einschätzen und die frühzeitige Identifizierung und Ergreifung präventiver Maßnahmen und Adaptionsmöglichkeiten zur Konflikteinhegung sind eine große Herausforderung.⁷⁰

Die Ansichten darüber, ob zukünftige Wasserkonflikte auch das Risiko kriegerischer Auseinandersetzungen bergen (so genannte Wasserkriege), scheinen sich in den letzten Jahren grundlegend gewandelt zu haben. Wurden Mitte der 1990er Jahre noch zukünftige Kriege um Wasser prognostiziert⁷¹, tendieren Experten in den letzten Jahren zunehmend zu der Annahme, dass zukünftige zwischenstaatliche Wasserkonflikte eher durch Kooperationen

70 Brzoska, Michael (2009): *The securitization of climate change and the power of conceptions of security*, S+F (27. Jg.) 3/2009, S. 137-145.

71 So u.a. in einer Pressemitteilung der Weltbank von 1995 - „Viele Kriege dieses Jahrhunderts sind um Öl geführt worden. Die Kriege des kommenden Jahrhunderts werden um Wasser geführt werden“ oder 1991 durch Boutros Boutros-Ghali (UN Generalsekretär von 1992-1996) - „The next war in Middle East will be over water, not politics“.

gelöst werden und ausschließlich um Wasser ausgetragene, gewalttätige Auseinandersetzungen in niemandes Interesse liegen dürften. Aaron Wolf, Leiter des *Program in Water Conflict Management and Transformation* (PWCMT)⁷² an der Oregon State University vertritt die These, dass es in den letzten 4.500 Jahren niemals einen Krieg gegeben hat, der ausschließlich um Wasser geführt wurde.⁷³ Er stützt sich dabei auf die *Transboundary Freshwater Dispute Data Base*, die alle in der Menschheitsgeschichte bekannten Kriege daraufhin untersucht hat, welche etwaige Rolle Wasser gespielt hat und die zu dem Schluss kommt, dass der letzte, ausschließlich um Wasser geführte Krieg im Jahr 2.450 v. Chr. zwischen Lagash und Umma im Zweistromland stattfand.

Grundsätzlich geht eine überwiegende Anzahl der Experten heute davon aus, dass für Staaten in Bezug auf Wasserstreitigkeiten, eine kooperative Lösung immer am sinnvollsten ist. Dies mag zum einen mit dem mittlerweile weitgehend akzeptierten völkerrechtlichen Ansatz der kooperativen Wassernutzung, den vielen positiven Beispielen funktionierender zwischenstaatlicher Abkommen, aber auch den möglichen destabilisierenden Folgen zusammenhängen, die regional durch Migration oder die Schwächung staatlicher Strukturen hervorgerufen werden könnten. Als ein Beispiel für eine solche Kooperation können Indien und Bangladesch angeführt werden. Obwohl Indien die volle Kontrolle über das Wasser des Ganges hat und Bangladesch Indien weder militärisch noch wirtschaftlich etwas entgegensetzen kann, wurden die Folgen auch für Indien unmittelbar spürbar, als dieses Anfang der 1990er Jahre die Wasserzufuhr dieses Flusses einschränkte, der unverzichtbare Bewässerungsgrundlage des agrarwirtschaftlich geprägten Bangladeschs ist. Die hierdurch hervorgerufenen Flüchtlingsströme nach Indien hatten erhebliche Ausmaße und die damit einhergehenden Konflikte bewogen Indien unmittelbar dazu, mit Bangladesch in weitere Verhandlungen über die zukünftige kooperative Wassernutzung einzutreten. 1996 einigte man sich auf den Ganges Water-Sharing Treaty, ein Wasserverteilungsabkommen mit 30-jähriger Gültigkeit, dem einigte.⁷⁴ Obwohl Indien im Rahmen dieses Vertrags eine Vielzahl von Bedingungen diktieren konnte, kann dieses Abkommen als ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung angesehen werden, insbesondere was die Anerkennung der gegenseitigen Ansprüche angeht. Nicht zuletzt trug das Abkommen zu einer anhaltenden Stabilisierung der Lage zwischen den beiden Ländern bei und kann als Vorbild für die Lösung noch bestehender Konflikte dienen.⁷⁵ Dieses Beispiel verdeutlicht auch, dass neben den wirtschaftlichen Interessen durchaus auch die Stabilität eines Nachbarlandes im Interesse eines Staates liegen kann, zumal es sich bei den meisten Staaten mit zwischenstaatlichen Wasserkonfliktisiken ohnehin um Staaten mit eher schwachen wirtschaftlichen und/oder staatlichen Strukturen handelt.

Auf der anderen Seite darf aber auch nicht der destabilisierende Effekt unterschätzt werden, den grenzüberschreitende Wasserressourcen in bereits vorhandenen zwischenstaatlichen Konfliktsituationen spielen könnten. Wasser war in der jüngeren Geschichte zwar bisher wohl nie ausschließliche Kriegsursache, diente aber immer wieder als vorgeschobener Konfliktauslöser oder -vorwand und wurde als Waffe in sowohl politisch als auch gewaltsam ausgetragenen Konflikten eingesetzt. Untersuchungen von Aaron Wolf zeigen, dass es seit 1948 37 gewalttätig ausgetragene Konflikte gegeben haben soll, in denen Wasser eine tragende Rolle spielte. Alleine 30 dieser Konflikte wurden zwischen Israel und seinen

72 Die PWCMT Website ist zu finden unter: <http://www.transboundarywaters.orst.edu/index.html> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

73 Postel, Sandra L. / Wolf, Aaron T. (2001): *Dehydrating Conflict*, Foreign Policy 126, Seite 60-67, September/Oktober 2001

74 Das Abkommen ist im Internet unter: <http://worldwater.org/ganges.htm> (letzter Zugriff am 30.05.2011) einzusehen.

75 Hossain, Ishtiaq (1998): *Bangladesh-India Relations: The Ganges Water-Sharing Treaty and Beyond*, Asian Affairs: An American Review, Vol. 25, No. 3, S. 131-150, 1998.

Nachbarn ausgetragen. Auf der anderen Seite sollen von 1.831 „wasserbezogenen Begebenheiten“ in den letzten fünfzig Jahren über Zweidrittel kooperativer Natur gewesen sein.⁷⁶

Die *Water Conflict Chronology*⁷⁷ von Peter Gleick vom Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security führt seit den 1950er Jahren 72 Konflikte auf, in denen u.a. Wasser eine Rolle spielte und die auch unter Anwendung von Gewalt ausgetragen wurden. Die Untersuchungen von Peter Gleick zeigen insgesamt eine steigende Konflikttendenz (sowohl gewaltfreie als auch gewaltsame), in denen Wasser eine tragende Rolle spielt; in diese Statistik fließen allerdings sowohl innerstaatliche, zwischenstaatliche als auch terroristische Ereignisse ein. Im Zeitraum von 1504 bis 1950 soll es insgesamt 53 Wasserkonflikte gegeben haben, von 1950 bis 2000 waren es schon 60 Konflikte und für die Jahre 2000 bis 2004 registrierte Gleick bereits 32 wasserrelevante Auseinandersetzungen.⁷⁸

In Bezug auf zwischenstaatliche Wasserkonflikte ist also anzunehmen, dass ausschließliche Wasserstreitigkeiten bevorzugt durch Kooperationen gelöst werden. Stellen Wasserstreitigkeiten jedoch nur einen Teilaspekt des zwischenstaatlichen Konfliktpotenzials dar, diente Wasser in der Vergangenheit bereits häufiger als Auslöser oder vorgeschobener Grund für zwischenstaatliche Konflikte, die in Wirklichkeit andere Ursachen hatten. Auch wurden Wasserressourcen in Konfliktsituationen des Öfteren als Druckmittel instrumentalisiert.⁷⁹ Ebenso besteht in Hinblick auf die zunehmende Bedeutung von Wasserressourcen für Wirtschaft, Industrie und Landwirtschaft – gerade unter dem Gesichtspunkt wirtschaftlicher Entwicklung, steigenden Wohlstands, wachsender Bevölkerungszahlen und auftretender klimatischer Einflüsse – die Gefahr, dass die Ressource Wasser zukünftig eine stärkere strategische Rolle spielen wird und der Spielraum für Kompromisse und kooperative Lösungen in manchen Regionen daher erheblich kleiner werden könnte.

Neben den zwischenstaatlichen Konfliktrisiken verdienen aber vor allem die innerstaatlich ausgetragenen Wasserstreitigkeiten die Aufmerksamkeit. Innerstaatliche Wasserkonflikte können eine Vielzahl verschiedener Ursachen haben und bergen oftmals ein erhebliches Gewaltpotenzial. Die Konfliktursachen finden sich zumeist in *versiegenden Brunnen oder sinkenden Flusspegeln* als Folge zunehmender ökonomischer Ausbeutung oder klimatischer Veränderungen, in *veränderten Besitzverhältnissen* von Wasser oder aber in einem starken *demographischen Wandel*. Gerade in Ländern, in denen der überwiegende Teil der Bevölkerung – z.B. Bauern und Viehzüchter – in einem erheblichen Maße von frei zugänglichen Wasserquellen abhängig ist, kann das Austrocknen von Brunnen und Flüssen oder aber eine Kommerzialisierung bisher frei zugänglicher Wasserressourcen zur Bedrohung oder gar dem Wegbrechen der bisherigen Lebensgrundlagen führen.

Sind die staatlichen Strukturen eines solchen Landes nicht hinreichend ausgeprägt, um für einen Ausgleich oder regulierende Mechanismen zu sorgen, ist zu befürchten, dass potenzieller Wassermangel in Wasserstreitigkeiten oder (innerstaatlicher) Migration mündet. Die Folge ist eine weitergehende Destabilisierung der Lage, bis hin zu Gewaltkonflikten. Gerade in multiethnischen Gesellschaften und bei fehlender staatlicher Vermittlung bzw. Kontrolle gestalten sich kooperative Lösungen grundsätzlich schwieriger. Die

76 Postel (2001).

77 The World's Water - Water Conflict Chronology, Webseite: <http://worldwater.org/conflictchronology.html>

78 Sager (2008: 221).

79 u.a.: Stauffer, Thomas R. (1996): *Water and War in the Middle East: The Hydraulic Parameters of Conflict*, Information Paper Number 5, The Center for Policy Analysis of Palestine, Washington D.C., Juli 1996; Spiegel (1990): *Nur noch plätschern*, Der Spiegel 1/1990, S. 111-112, Januar 1990; Amnesty International (2009): *Troubled Waters – Palestinians Denied Fair Access to Water*, Amnesty International Publications, 2009.

Grundvoraussetzungen für eine Regierung, innerstaatliche Wasserkonflikte kontrollieren zu können, sind zum einen an eine ausreichende und anerkannte *staatliche Autorität*, den Willen zu einer *gerechten Verteilung* der Wasserressourcen und an etwaige Möglichkeiten, Wasserengpässe wirtschaftliche zu *kompensieren* (Wasserimport) oder aber im Fall grenzüberschreitender Wasserressourcen, die eigenen *Wasserinteressen* nachhaltig gegenüber anderen Staaten zu vertreten, geknüpft. Die Konfliktfaktoren in Bezug auf innerstaatliche Wasserkonflikte können sich somit weitaus vielfältiger, die Anzahl der Akteure zahlreicher und die Konfliktpotenziale insgesamt komplexer als auf der zwischenstaatlichen Ebene darstellen. Dementsprechend ist auch der Raum für Kooperation häufig enger und die Aussicht auf eine einvernehmliche Lösung von Wasserkonflikten im innerstaatlichen Bereich schwieriger als auf der zwischenstaatlichen Ebene einzuschätzen.

6. Wasser als globale Herausforderung

Der globale Klimawandel ist seit Jahren Gegenstand eines international kontrovers geführten wissenschaftlichen Diskurses. Insbesondere im Hinblick auf die Ursachen und den Grad der globalen Erwärmung sowie auf die prognostizierten Folgen für das Ökosystem und den Menschen – sowohl im regionalen als auch globalen Rahmen – gehen die Expertenmeinungen auseinander – offene Fragen also, die eine erhebliche wirtschaftliche und (sicherheits-) politische Relevanz aufweisen.

Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur innerhalb der letzten Jahrzehnte wird von der überwiegenden Anzahl internationaler Experten nicht mehr angezweifelt. Daten der Nationalen Wetter- und Ozeanografiebehörde der Vereinigten Staaten z.B. weisen so das Jahr 2010 als das wohl wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1880 aus und zeigen ein klares Muster der Erderwärmung in den letzten 50 Jahren auf.⁸⁰ Das Spektrum der vorhergesagten Folgen jedoch, die sich aus dem globalen Temperaturanstieg ergeben, variiert stark und ist in einem besonderen Maße von der Region abhängig.⁸¹

Es sind dabei in erster Linie die hohe Anzahl relevanter Variablen sowie die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen im globalen Klimageschehen, die eine realistische und sichere Abschätzung zukünftiger Klimaszenarien mit den uns heute zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Methoden und Erhebungsverfahren in Teilen noch fragwürdig erscheinen und gerade auf der regionalen Skala noch große Ungenauigkeiten in den Prognosen erahnen lassen.⁸² Was die Tendenz angeht sind sich die meisten Experten jedoch einig: Mögen einige Regionen vielleicht auch von der globalen Erderwärmung profitieren, so werden nach gängiger Meinung global die Extremwetterereignisse zunehmen.⁸³ In Regionen, die bereits in der Vergangenheit z.B. mit Dürre oder Überschwemmungen zu kämpfen hatten, wird sich die Lage aller Voraussicht nach noch verschlechtern und es ist kein Zufall, dass eine große Anzahl gerade dieser Regionen bereits heute zu den ärmsten und strukturschwächsten der Welt zählen. Zukünftig wird eine besondere Herausforderung darin liegen, die wechselseitige Beeinflussung klimatischer und sozioökonomischer Einflussfaktoren zu bestimmen, immer auch unter dem Gesichtspunkt, regionale Konfliktpotenziale rechtzeitig zu identifizieren. Einen entscheidenden Faktor bezüglich klimainduzierter Konflikte stellt die Ressource Wasser dar.

Der Zugang zu und die Verfügbarkeit über ausreichende Mengen sauberen Süßwassers ist eine entscheidende Voraussetzung für das menschliche Leben. Die Tatsache, dass es sich bei

80 Giddens, Anthony / Rees, Martin (2010): *Lage ist nicht ernst. Sondern dramatisch*, Die Zeit No. 43, Seite 11, 24. Oktober 2010, <http://www.zeit.de/2010/43/P-Klimawandel> (letzter Zugriff am 30.05.2011).

81 IPCC (2007: 44ff).

82 IPCC (2007: 72ff).

83 IPCC (2007: 52ff).

Süßwasser um eine nur begrenzt zugängliche Ressource handelt, die darüber hinaus global sehr ungleich verteilt ist, stellt bereits heute viele Regionen vor die große Herausforderung, eine ausreichende Wasserversorgung zu gewährleisten. Zukünftig werden in verstärktem Maße die klimatischen Veränderungen und ihr Einfluss auf die Wasserhaushalte zu berücksichtigen sein. Steigende Temperaturen können zu einer stärkeren Verdunstung und damit, wie auch ein verändertes Niederschlagsverhalten, zu fallenden Grundwasserspiegeln und sinkenden Flusspegeln führen. Extreme Wetterbedingungen können eine zunehmende Anzahl jahreszeitabhängiger Überschwemmungen hervorrufen und das Abschmelzen von Gletschern kann darin resultieren, dass einige Flüsse gänzlich ihr Quellwasser ausgeht. Da bereits heute in einigen Regionen – bedingt durch Bevölkerungswachstum, die Ausweitung der Agrarwirtschaft oder eine wachsende industriellen Produktion – mit einem in Zukunft stark ansteigendem Wasserbedarf und damit einhergehenden Wasserentnahmen aus Flüssen, Seen und Grundwasserspeichern zu rechnen ist, könnten regionale Auswirkungen des Klimawandels zu einer zusätzlichen erheblichen Verschärfung der Situation, in einzelnen Fällen vielleicht sogar zu einem Kollaps regionaler Wasserkreisläufe führen.

Das bessere Verständnis der langfristigen klimatischen Einflüsse auf die Hydrologie von Wasserhaushalten und deren unmittelbare Wechselwirkungen mit gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und geographischen Faktoren ist daher von besonderer Bedeutung. Flüsse, die neben Grundwasserreservoirs eine der wichtigsten Süßwasserquellen darstellen, gewährleisten eine überregionale Verteilung von Wasser. Die meisten Flusssysteme erstrecken sich grenzüberschreitend über mehrere Länder. Hohe Wasserentnahmen oder Staumaßnahmen, aber auch die Einleitung umweltgefährdender Abwässer können dazu führen, dass Länder am Flussunterlauf sich mit Umweltproblemen konfrontiert sehen, nicht mehr genügend sauberes Trinkwasser zur Verfügung haben oder Gefahr laufen, gänzlich von der Wasserversorgung abgeschnitten zu werden.

Die szenariobasierte, zeitliche Vorhersage lokaler Wasserflussvolumina ist eine der wichtigen Voraussetzungen, um quantitative und qualitative Aussagen über zukünftige, regionale Wasserhaushalte treffen zu können. In Form einer einfach anwendbaren, modellbasierten Methodik kann sowohl Wissenschaftlern als auch Entscheidungsträgern ein Analyseinstrument an die Hand gegeben werden, das – unter Variation sowohl klimatischer als auch ökonomischer, demographischer und politischer Parameter – klären hilft, in welchen Regionen durch Einwirkung des Klimawandels zukünftig mit stärkeren Schwankungen im regionalen Wasserhaushalt zu rechnen ist und welche Extremszenarien sich hierdurch ergeben. So können etwaige Konfliktpotenziale frühzeitig identifiziert und ihnen adäquat begegnet werden (z.B. durch Kooperationen oder rechtliche Rahmenvereinbarungen).

Literatur

Amnesty International (2009):

Troubles Waters – Palestinians Denied Fair Access to Water,
Amnesty International Publications, 2009

Barlow, M. / Clarke, T. (2003):

Blaues Gold - Das globale Geschäft mit dem Wasser,
RM Buch und Medien Vertrieb, 2003.

BBU (2006):

„*Virtuelles Wasser*“ - *Wo kommt unser Wasser*,
Reader zur Wasser Berlin 2006, Freiburger Arbeitskreis Wasser im Bundesverband
Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU).

BMZ (1995):

Überlebensfrage Wasser - eine Ressource wird knapp,
Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung,
Entwicklungspolitik Materialien 94, 1995.

BMZ (2006):

Sektorkonzept Wasser,
BMZ Konzeptpapier 143, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und
Entwicklung, September 2006.

Brzoska, Michael (2009):

The securitization of climate change and the power of conceptions of security,
S+F (27. Jg.), 3/2009, S. 137-145.

BUND (2007):

Grundwasser – Guter Zustand bis 2015!,
Hintergrund, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., März 2007.

CAN (2007:)

National Security and the Threat of Climate Change,
CNA Corporation, 2007.

Chatterji, Manas / Arlosoroff, Saul / Guha, Gauri (ed.) (2002):

Conflict Management of Water Resources,
Ashgate Publishing, 2002.

Conca, Ken (2006):

*Governing Water - Contentious Transnational Politics and Global Institution
Building*,
The MIT Press, Cambridge, 2006.

Danielopol, Dan Luca / Griebler, Christian (2008):

*Changing Paradigms in Groundwater Ecology – from the ‘Living Fossils’ Tradition to
the ‘New Groundwater Ecology’*,
Internat. Rev. Hydrobiol. 93, 4-5, 2008.

- Epstein, Paul R. (2001):
Climate Change and emerging infectious diseases,
 Microbe and infection, 3, S. 747-754, 2001.
- Falkenmark, Malin / Lundqvist, Jan / Widstrand, Carl (1989):
Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches,
 Natural resource Forum, Vol. 13, Issue 4, Seite 258-267, November 1989
- Götz, Roland (2009):
Klimawandel in Russland,
 Diskussionspapier FG 8, Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP) Berlin, April 2009.
- Hendl, Manfred / Liedtke, Herbert (Hrsg.) (2002):
Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie,
 Justus Perthes Verlag Gotha, 3. Auflage, 1997.
- Hoekstra, A.Y. (ed.) (2003):
Virtual water trade - Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade,
 Value of Water Research Report Series No. 12, Februar 2003
- Hölting, Bernward / Coldewey, Wilhelm G. (2009):
Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie,
 7. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2009.
- Hossain, Ishtiaq (1998):
Bangladesh-India Relations: The Ganges Water Sharing Treaty and Beyond,
 Asian Affairs: An American Review, Vol. 25, No. 3, S. 131-150, 1998.
- IPCC (2007):
Climate Change 2007 - Synthesis Report,
 Panel on Climate Change (IPCC).
- Kunig, Philip (2004):
Konflikt um das Wasser – Was sagt das Völkerrecht?, fundiert Wissenschaftsmagazin
 der FU Berlin, 2/2004.
- McGranham, Gordon / Balk, Deborah / Anderson, Bridge (2007):
 The rising tide: assessing the risk of climate change and human settlements in low elevation coastal zones,
 Environment & Urbanization, Vol. 19, No. 1, S. 17-37, April 2007.
- Mattheß, Georg / Ubell, Károly (2003):
Allgemeine Hydrogeologie – Grundwasserhaushalt,
 2. Auflage, 2003, erschienen als Band 1 in: Mattheß, Georg (ed.): *Lehrbuch der Hydrogeologie,* Gebrüder Borntraeger, Berlin - Stuttgart, 2003.
- Min, Seung-Ki et. al. (2011):
Human contribution to more-intense precipitation extremes,
 Nature, Vol. 470, S. 378-381, 17. Februar 2011.

- Pachova, N. I. / Nakayama, M. / Jansky, L. (ed.) (2008):
International Water Security - Domestic Threats and Opportunitie,
 United Nations University Press, Tokyo, 2008.
- Patt, Heinz / Jürging, Peter / Kraus, Werner (2009):
Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern,
 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3. Auflage, 2009.
- Pall, Pardeep et. al. (2001):
Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risks in England and Wales in au-
tumn 2000,
 Nature, Vol. 470, S. 382-386, 17. Februar 2011.
- Parmesan, Camille / Yohe, Gary (2003):
A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems,
 Nature, Vol. 421, S. 37-42, 2. Januar 2003.
- Postel, Sandra / Wolf, Aaron T. (2001):
Dehydrating Conflict,
 Foreign Policy 126, S. 60-67, September/Oktober 2001.
- Rahmstorf, Stefan (2002):
Ocean circulation and climateduring the past 120,000 years,
 Nature, Volume 419, 12. September 2002.
- Rijsberman, Frank R. (2004):
Water Scarcity: Fact or Fiction?,
 in “*New Directions for a diverse planet*”, Proceedings of the 4th International Crop
 Science Cobngress, 26. Sept. – 1. Okt. 2004, Brisbane (Australien), abrufbar unter:
http://www.cropscience.org.au/icsc2004/pdf/1994_rijsbermanf.pdf (letzter Zugriff am
 15.12.2010).
- Sager, W. (2008):
Fluss ohne Mündung: Klimawandel - Wassermangel - Sicherheit,
 Bouvier Verlag, Bonn, 2008.
- Sahni, Hamir K. (2006):
 The Politics of Water in South Asia: The Case of the Indus Waters Treaty,
 SAIS Review, Vol. 26, No. 2, S. 153-165, Sommer-Herbst 2006, John Hopkins Uni-
 versity Press.
- Scheffran, Jürgen / Battaglini, Antonella (2011):
Climate and conflicts: the security risks of global warming,
 Regional Environmental Change, Volume 11, Supplement 1, S. 27-39, März 2011.
- Schwarz, R. (2004):
The Israeli-Jordanian Water Regime: A Model for Resolving Water Conflicts in the
Jordan River Basin,
 PSIS Occasional Paper Number 1/2004, Programme for Strategic and International
 Security Studies (PSIS), 2004.

- Seneviratne, Sonia I. et. al. (2006):
Land-atmosphere coupling and climate change in Europe,
Nature, Vol. 443, S. 205-209, 14. September 2006.
- Shiva, V. (2002):
Water Wars - Privatization, Pollution, and Profit,
South End Press, Cambridge, MA, 2002.
- Sonnenberg, Anke et. al. (2009):
*Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands - Woher stammt das Wasser, das in unseren
Lebensmitteln steckt?*,
WWF Deutschland, Frankfurt am Main, August 2009.
- Stauffer, Thomas R. (1996):
Water and War in the Middle East: The Hydraulic Parameters of Conflict,
Information Paper Number 5, the Center für Policy Analysis of Palestine, Washington
D.C., Juli 1996
- UNO (2009):
*The United Nations World Water Development Report 3 – Water in a Changing
World*,
UNESCO Publishing, 2009
- WBGU (2007):
Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel,
Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen,
Springer-Verlag, Berlin, 2007
- World Water Assessment Programme (2009): *The United Nations World Water Development
Report 3 - Water in a Changing World*, UNESCO, Paris, 2009.
- WRI (2002): *Tomorrow's Markets - Global Trends, and Their Implications for Business*,
World Resource Institute, 2002.

CLISEC Working Papers

Scheffran, J. (2009): *Climate change, Human Security and Societal Instability: Conflict or Cooperation?*, Paper presented at the Synthesis Conference of the Global Environmental Change and Security program, Oslo, Norway, 22-24 June, 2009. Working paper **CLISEC-1**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Kominek, J. (2009): *Analysing the path of "using cyclical patterns for interpreting the situation" – a different approach using path dependency theory*, submitted. Working paper **CLISEC-2**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Scheffran, J., Link, P.M. & Schilling, J. (2009): *Theories and Models of the Climate Security Link*, Paper presented at the Conference "Climate Change, Social Stress and Violent Conflict", Hamburg, Germany, 19-20 November, 2009. Working paper **CLISEC-3**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Kominek, J. (2009): *Each institutionalization elementary is a self-reinforcing process increasing path dependency*, submitted. Working paper **CLISEC-4**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Kominek, J. (2009): *A new action model – deducing an 'ideal type path dependent' for scenario simulation*, submitted. Working paper **CLISEC-5**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Link, P.M., Piontek, F., Scheffran, J. & Schilling, J. (2010): *Integrated Assessment of Climate Security Hot Spots in the Mediterranean Region: Potential Water Conflicts in the Nile River Basin*, Paper presented at the Conference "Climate Change and Security", Trondheim, Norway, 21-24 June, 2010. Working paper **CLISEC-6**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Kominek, J. (2010): *Global climate policy reinforces local social path dependent structures: More conflict in the world?*, submitted to *Springer Hexagon Series*, Vol. 8. Working paper **CLISEC-7**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Kominek, J. (2010): *Path dependency: Intense reflexive modeling as 'intelligent herding'?*, submitted. Working paper **CLISEC-8**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Link, P.M., Piontek, F., Scheffran, J. & Schilling, J. (2010): *Impact of climate change on water conflict and cooperation in the Nile River Basin*, submitted. Working paper **CLISEC-9**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Link, P.M. & Schlepner, C. (2010): *How do tourists perceive and accept changes in landscape characteristics on the Eiderstedt peninsula?*, submitted to *Coastline Reports*. Working paper **CLISEC-10**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.

Alwardt, C. (2011): *Wasser als globale Herausforderung: Die Ressource Wasser*. Working paper **CLISEC-11**, Research Group Climate Change and Security, University of Hamburg.