

3.2.3 Bedeutung des Klimawandels für Wasser-bezogene Krankheiten

THOMAS KISTEMANN, CHRISTOPH HÖSER, ALEXANDRA WIELAND & MARTIN EXNER

Significance of climate change for water related disease: Even today one third of the world population suffers from water scarcity, both in terms of water quantity and water quality. Global climate change will affect the distribution and accessibility of safe water and thereby substantially influence the incidence of water-related diseases and deaths, especially in developing countries. Changing temperature and precipitation patterns will lead to a higher frequency of extreme weather events. Drought periods as well as flooding will deteriorate the quality of watersheds and, subsequently, of water abstracted for human consumption. These mechanisms threaten to cause rising incidences of water-related diseases (i.e., water-borne, water-washed, water-based and vector-borne diseases). Societies face huge challenges to minimise negative effects of climate change on human health.

Die Verfügbarkeit und Qualität von Süßwasser hat eine zentrale Bedeutung für die individuelle Gesundheit des Menschen, aber auch für Gesundheit, Wohlstand und ökonomische Entwicklung von Gesellschaften (Abb. 3.2.3-1). In den wohlhabenderen Teilen der Welt werden sauberes Wasser, sanitäre Infrastruktur und daraus resultierende Gesundheit als selbstverständlich angesehen. Für einen erheblichen Teil der Weltbevölkerung trifft dies jedoch nicht zu. Es ist zu erwarten, dass sich diese Situation infolge des globalen Klimawandels in den kommenden Jahrzehnten trotz aller Anstrengungen der Vereinten Nationen und ihrer Organisationen (WHO, UNICEF) eher verschärfen wird, und dass seine Folgen für die Wasserversorgung auch in den entwickelten Ländern deutlich spürbar sein werden. Diese Perspektive veranlasst die Vereinten Nationen dazu, von einer Weltwasserkrise zu sprechen (UNITED NATIONS 2003). Insofern wird wahrscheinlich die Bedrohung der Wasserversorgung in quantitativer und

qualitativer Hinsicht für die Menschheit eine der unmittelbarsten und vielleicht auch eine der bedrohlichsten Folgen des globalen Klimawandels darstellen.

Wassermangel

Unter Wassermangel werden im Folgenden die beiden wesentlichen Faktoren für eine Bedrohung der menschlichen Gesundheit im Zusammenhang mit unzulänglicher Wasserversorgung zusammengefasst: einerseits der quantitative Mangel an verfügbarem und menschlicher Nutzung zugänglichem Süßwasser in seiner räumlichen und zeitlichen Differenzierung, andererseits der Mangel an Wasser, welches qualitativ für die verschiedenen Anwendungen des Menschen (Trinken, Baden, Waschen, Reinigen, Bewässerung, Kühlung etc.) geeignet ist, d.h. dessen Qualität nicht so schlecht ist, dass von seiner Verwendung eine Gesundheitsgefährdung ausgeht. Auch hinsichtlich der Qualität ist



Abb. 3.2.3-1: Die kontinuierliche Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und geeigneter Qualität ist von entscheidender Bedeutung für Gesundheit, Entwicklung und Wohlstand. Photo: T. Kistemann.

Aus: WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3. Auflage (2011)
- Hrsg. Lozán, J. L. H. Graßl, P. Hupfer; L. Karbe & C.-D. Schönwiese

eine räumlich und zeitlich differenzierte Betrachtung erforderlich.

Eine dritte vom Wasser für die menschliche Gesundheit ausgehende Gefahr sind mit Wasser assoziierte Katastrophen, z.B. Überschwemmungen, die unmittelbar die Gesundheit der betroffenen Menschen gefährden können. Diesem Aspekt wird ein kurzer Exkurs gewidmet.

Quantitativer Wassermangel

Der Niederschlag, der auf die Landoberfläche fällt, ist die Hauptquelle für Wasser, das für direkten menschlichen Verbrauch, für Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion sowie für Entsorgung industrieller Abwässer benötigt wird. Da einerseits der Pro-Kopf-Verbrauch infolge von Veränderungen der Lebensweise (industrielle und landwirtschaftliche Produktionsweisen, Verhalten, Praktiken im Haushalt) ständig steigt, andererseits die Weltbevölkerung weiterhin wächst, steigt auch der Anteil des benutzten Wassers ständig an. Berücksichtigt man die räumliche und zeitliche Variabilität der Wasserverfügbarkeit, so bedeutet dies, dass

Wasser für den menschlichen Gebrauch zunehmend knapp wird (UNITED NATIONS 2003). Die Weltbevölkerung wächst jährlich um ca. 75 Mio. Menschen und der jährliche Bedarf an Frischwasser von ca. 3.800 km³ (OKI & KANAE 2006) steigt um ca. 64 km³ (UNITED NATIONS & UNESCO 2009).

Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung ist schon heute von Wasserknappheit betroffen (KUMMU et al. 2010): 0,9 Mrd. haben keine ausreichende Trinkwasserversorgung, und sogar 2,6 Mrd. Menschen mangelt es an adäquater sanitärer Infrastruktur. Nur die Hälfte der Kinder in Entwicklungsländern hat Zugang zu sauberem Trinkwasser, und noch weniger haben Zugang zu sanitärer Infrastruktur. Besonders kritisch ist die Situation in Afrika, wo im Jahr 2008 rund 37% der Bevölkerung keinen Zugang zu einer sicheren Wasserversorgung hatten, und nur 16% eine Wasserzapfstelle im Haushalt hatten (Abb. 3.2.3-2). In Afghanistan, Angola, Tschad, Kongo, Äthiopien, Madagaskar, Mauretanien, Mosambik, Niger und Papua-Neuguinea, hatten im Jahr 2008 jeweils weniger als die Hälfte der Bevölkerung Zugang zu sicherer Wasserversorgung. Bemerkenswert ist auch der Unterschied zwischen ländlicher und städtischer

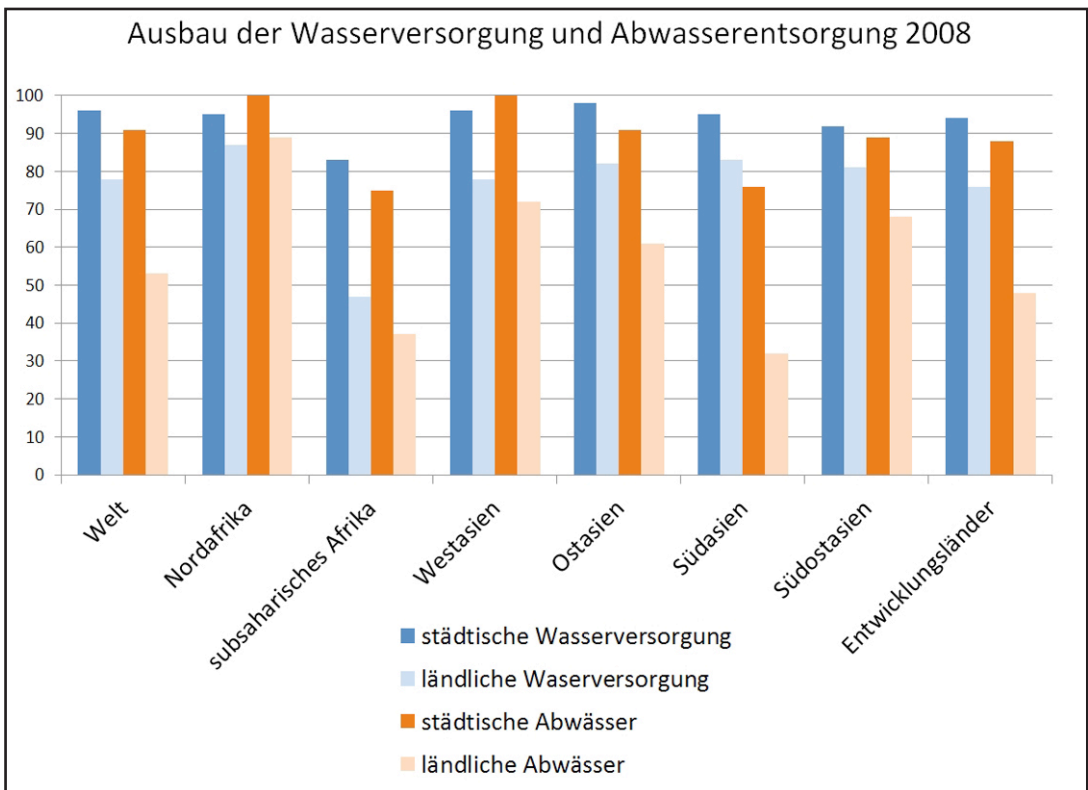


Abb. 3.2.3-2: Prozentualer Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu sicherem Trinkwasser und sanitärer Infrastruktur im Jahr 2008 (Quelle: WHO & UNICEF 2010).

Bevölkerung: Im ländlichen Afrika haben nur 49% der Bevölkerung eine Wasserversorgung (UNITED NATIONS 2003; WHO & UNICEF 2010).

Der tägliche Durchschnittswasserverbrauch in Entwicklungsländern beträgt pro Kopf etwa 10 Liter. Für ein Viertel der Bevölkerung im subsaharischen Afrika wird dieses Wasser mit einem Aufwand von mehr als 30 Minuten beschafft, wobei oft mehrere Runden pro Tag notwendig sind. Diese Arbeit wird zu 72% von Frauen und Mädchen geleistet. Derzeit haben viele Entwicklungsländer, vornehmlich im nördlichen und südlichen Afrika sowie im Mittleren Osten, bereits erhebliche Probleme, ihrer Bevölkerung die für ein aktives und gesundes Leben mindestens erforderliche Wassermenge zur Verfügung zu stellen. Der »Footprint« im Wasserverbrauch (pro Kopf und Jahr) im Vergleich: USA: 2.480 m³, China, Kenya, Kongo, Äthiopien: 600–800 m³, Weltdurchschnitt: 1.240 m³ (UNITED NATIONS & UNESCO 2009). Derzeit lebt etwa die Hälfte der Bevölkerung der Entwicklungsländer unter quantitativen Wassermangel-Bedingungen. Die Situation ist in vielen der rasch wachsenden Großstädte in Entwicklungsländern besonders kritisch (UNITED NATIONS 2003; WHO & UNICEF 2010).

Qualitativer Wassermangel

Unter qualitativem Wassermangel versteht man den Mangel an Wasser in einer Qualität, die für den menschlichen Gebrauch geeignet ist. Die Qualität kann durch organoleptische (d.h. mit unseren Sinnesorganen zu beurteilende), chemische oder mikrobielle Faktoren beeinträchtigt sein.

Die wichtigsten chemischen Verschmutzungsquellen weltweit sind industrielle Abwässer sowie Pestizide und Düngemittel aus der Landwirtschaft. Zu den gesundheitlich bedeutendsten chemischen Kontaminationen gehören organische Verbindungen und Schwermetalle aus der Industrie (Arsen, Kadmium, Aluminium, Blei), saure Substanzen aus bergbaulich beeinflussten Aquiferen sowie aus der Atmosphäre, Ammonium, Nitrat, Phosphat, Salze und Pestizidrückstände aus der Landwirtschaft sowie Trübstoffe aus anthropogen verursachter Erosion (UNITED NATIONS 2003).

Infektionskrankheiten, die mit der mikrobiologischen Qualität von konsumiertem Wasser in Zusammenhang stehen, werden allgemein als wasserbürtige Krankheiten bezeichnet (water-borne diseases). Zu den klassischen Beispielen, die auf eine fäkale Verunreinigung des Wassers zurückzuführen sind und die sich meist durch eine geringe Infektionsdosis auszeichnen, gehören Cholera, Typhus, Ruhr, Hepatitis A und

Amöbenruhr. In jüngerer Zeit wird Krankheitserregern nicht-fäkalen Ursprungs erhöhte Beachtung geschenkt, die sich unter sehr spezifischen ökologischen Bedingungen (Biofilme) in Wasserleitungsnetzen vermehren können. Dazu zählen Legionellen, Mykobakterien und Pseudomonaden. Bedingungen, die ihr Vorkommen begünstigen, sind erhöhte Temperaturen in Leitungsnetzen (> 25°C), lange Stagnationszeiten und erhöhtes Nährstoffangebot.

Wasser-assoziierte Katastrophen

Die International Emergency Disasters Database EMDAT berichtet für den Zeitraum 1975 bis 2008 über 8.866 Ereignisse mit insgesamt mehr als 2 Mio. Toten. Über 1,7 Mio. Tote sind mit nur 23 Großereignissen verknüpft, die sich hauptsächlich in Entwicklungsländern ereigneten (UNITED NATIONS 2009).

Die Zahl der großen Inlandfluten per Dekade war im Zeitraum 1996–2005 doppelt so hoch wie im Zeitraum 1950–1980 (UNITED NATIONS & UNESCO 2009). Steigende Bevölkerungsdichten und eine Zunahme der Besiedlung gefährdeter Gebiete wie Küstenzonen und Hochflutbetten vergrößern kontinuierlich die Risikogruppe. Dabei ist festzustellen, dass einerseits arme Länder besonders verwundbar sind, andererseits innerhalb von Ländern und Gesellschaften die Armen, die Älteren, die Frauen und Kinder besonders schwer betroffen sind. Regelmäßig sind betroffene Gesellschaften nach einer Naturkatastrophe noch verwundbarer gegenüber dem nächsten Ereignis. Flutkatastrophen sind weltweit das häufigste Katastropheneignis; von 1992–2001 hatten Flutereignisse einen Anteil von 43% und betrafen mehr als 1,3 Mrd. Menschen (UNITED NATIONS & UNESCO 2009). Hinsichtlich der Zahl der Opfer stehen Dürren jedoch an erster Stelle (UNITED NATIONS 2003). Bei Dürreereignissen steht der quantitative Wassermangel als gesundheitsgefährdende Dimension ganz im Vordergrund. Bei Hochwasser- und Flutereignissen kann, neben unmittelbaren physikalischen Einwirkungen (Ertrinken, Erfrieren, Abscheiden von der Außenwelt, Gewalteinwirkung durch Wassermassen oder umhertreibendes Gut) insbesondere die Beeinträchtigung der Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch negativ auf die Gesundheit wirken. Dies kommt zustande durch die Überflutung sanitärer (Kläranlagen) und Trinkwasser-Infrastruktur (Tiefbehälter, Hochbehälter, Aufbereitungsanlagen etc.) sowie durch Rohrbrüche, die bei Unterspülungen, Rutschungen und Beschädigungen von Tunnel- und Brückenbauwerken regelmäßig auftreten und den Eintritt von Abwasser in Trinkwasserleitungen ermöglichen. Dass dies auch mitteleuropäische Gesellschaften

mit hochentwickelter Wasserinfrastruktur empfindlich treffen kann, zeigen die entsprechenden Probleme in der Folge der Hochwasserkatastrophen an Oder und Elbe.

Gesundheitskonsequenzen von quantitativem und qualitativem Wassermangel

Der Wasserhaushalt sowie die Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und Qualität wirken sich in vielfacher Hinsicht auf die menschliche Gesundheit aus.

Quantitativer Wassermangel führt in seiner extremen Form zum Verdursten der betroffenen Menschen innerhalb weniger Tage. Häufiger wirkt sich jedoch die Verknappung von Wasser indirekt auf die menschliche Gesundheit aus, indem die persönliche und häusliche Hygiene eingeschränkt wird, wobei die verbleibende Menge meist in schlechterer Qualität verfügbar ist. Allein aus der quantitativen Verringerung folgen unzureichende Waschmethoden und -frequenzen und können sogenannte abwaschbare (water-washed) Krankheiten wie Trachom, Rückfallfieber und Typhus resultieren. Daneben stehen indirekte Folgen wie schlechtere Lebensmittelsicherheit, Konflikte zwischen verschiedenen Nutzern und Einschränkungen hinsichtlich vieler Aktivitäten zur Sicherung des Lebensunterhaltes.

Schätzungsweise die Hälfte der Bevölkerung in Entwicklungsländern ist auf chemisch verunreinigte Wasserressourcen angewiesen, infolgedessen die Häufigkeit entsprechender Krankheiten erhöht ist. In der VR China werden über 85% aller Erkrankungsfälle, die mit chemischer Wasserverunreinigung in Zusammenhang stehen, durch Abwassereinleitungen verursacht. Erhöhte Krebsraten konnten mit einem Mangel an adäquater Abwasseraufbereitung in Verbindung gebracht werden. Die arme Bevölkerung, deren Lebensunterhalt häufig direkt oder indirekt von Wasserressourcen abhängt, wird von den Folgen derartiger Verschmutzungen besonders hart getroffen (WU et al. 1999).

Nach neueren Schätzungen stehen etwa 9,1% der globalen Krankheitslast in Zusammenhang mit Wasser und Hygiene (Wasser, Abwasser, Nahrungsmittel, persönliche Hygiene), in der Altersgruppe der Kleinkinder (14 Jahre) sogar mehr als 20%. Durchfallerkrankungen verursachen jährlich 1,4 Mio. Todesfälle unter Kindern, davon sind 88% mit Trinkwasser, der sanitären Situation und Hygiene assoziiert (PRÜSS-ÜSTÜN 2008). Die Übertragung kann durch die Aufnahme von Wasser, durch den Mangel an Wasser, durch ungenügende persönliche, häusliche oder agrikulturnelle Hygiene, durch Kontakt mit Wasser, durch im Wasser brütende

Vektoren und durch kontaminierte Aerosole erfolgen. Wenn alle Effekte zusammengenommen werden, dann sind schätzungsweise 80% aller Krankheiten weltweit einer nicht adäquaten Wasserversorgung zuzurechnen, und die Hälfte aller Krankenhausbetten der Welt wird von Patienten belegt, die an einer mit Wasserproblemen in Verbindung stehenden Krankheit leiden (zum Ganzen BARTRAM & HUEB 2000). Jährlich sterben 3 Mio. Menschen, mehrheitlich Kinder (1,8 Mio.), an Krankheiten, die durch Mangel an sicherem Trinkwasser, unzulängliche sanitäre Infrastruktur und schlechte Hygiene verursacht werden. Im vergangenen Jahrzehnt hat Durchfall mehr Kinder umgebracht als Menschen ihr Leben in allen bewaffneten Auseinandersetzungen seit dem zweiten Weltkrieg verloren. Kinder in Entwicklungsländern haben typischerweise vier bis fünf Durchfall-Episoden pro Jahr (HERBST 2006). Selbst wenn sie diese überleben, so schwächen die Erkrankungen die Kinder physisch und mental und zeichnen sie oft für den Rest ihres Lebens. Außerdem erhöhen Durchfallerkrankungen die Sterblichkeit durch andere, opportunistische Erkrankungen, indem sie die Immunabwehr schwächen. Ein großer Teil der Kinder in Entwicklungsländern leidet unter parasitischen Darminfektionen, die wiederum insbesondere durch schlechte Hygiene und mangelhafte sanitäre Infrastruktur bedingt werden. Parasiten verbrauchen Nährstoffe, verschärfen Mangelernährung, verlangsamen die physische und mentale Entwicklung von Kindern und münden in lückenhaftem Schulbesuch (UNITED NATIONS & UNESCO 2009).

Zahlreiche Studien haben bestätigt, dass sowohl das Spektrum Wasser-bezogener Krankheiten wächst als auch die Häufigkeit vieler Wasser-bezogener Infektionen zunimmt. Hierfür wird eine Vielzahl von Gründen genannt, die zu wenigen Hauptpunkten zusammengefasst werden können. Dazu gehören, neben Änderungen des menschlichen Verhaltens (Mobilität mit häufiger Abwesenheit vom Wohnsitz, demographischer Wandel), neuen Technologien (Abwassernutzung, Klimatisierung, neue industrielle und landwirtschaftliche Produktionsprozesse) sowie medizinische Entwicklungen (einerseits Resistenzentwicklung gegen Antibiotika und Insektizide, andererseits sensiblere Nachweisverfahren für Krankheitserreger), der Wandel der Umwelt mit globalem Klimawandel, Entwaldung, Wasserbauprojekten, aber auch immer komplexerer Wasserinfrastruktur (WHO et al. 2003).

Klimabedingt veränderte Abflussbedingungen, aber auch Wasserbauprojekte, mit denen unter anderem saisonaler oder regionaler Wassermangel vermieden werden soll, können zu weiteren Wasser-bezogenen Gesundheitsgefahren führen. Verringerte Fließgeschwindigkeiten, Stagnation und niedrigere

Wasserstände begünstigen nämlich das Auftreten von Wasser-basierten Infektionskrankheiten wie Schistosomiasis und von Wasser-bezogenen, Vektor-übertragenen Infektionen wie Malaria und Dengue-Fieber, weil der jeweilige Zwischenwirt bzw. Vektor günstigere Lebensbedingungen findet (RIVM 2000). Mehr dazu kann in WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken gelesen werden.

Verschärfung des Wassermangels durch den Klimawandel?

Die genauen Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasservorkommen sind ungewiss. Nördlich von 40° nördlicher Breite und südlich von 30° südlicher Breite werden die Niederschlagsmengen wahrscheinlich nicht abnehmen, während in vielen tropischen und subtropischen Regionen die Niederschlagsmengen wahrscheinlich abnehmen und zeitlich und räumlich ungleichmäßiger verteilt sein werden.

Angesichts eines erkennbaren Trends zu häufigeren Wetterextremen ist es wahrscheinlich, dass Überflutungen und Dürren zunehmen werden. Welche Bedeutung erhöhte Niederschlagsaktivität für die menschliche Gesundheit haben kann, wurde für Lima (Peru) nachgewiesen: Dort verdoppelte sich in der El Niño-Saison 1997–1998 die Zahl der Durchfallerkrankungen bei Kindern (CHECKLEY et al. 2000). ENSO (El Niño Southern Oscillation) wird einhellig eine Bedeutung für die Inzidenz Wasser-assoziiierter Infektionskrankheiten zugesprochen (HALES et al. 2000; JAENISCH & PATZ 2002).

Der Abfluss von Flüssen wird sich bei Niedrigwasser wahrscheinlich verringern, und die Wasserqualität wird sich aufgrund steigender Schadstofffrachten und -konzentrationen sowie höherer Wassertemperaturen zweifellos verschlechtern. Mit dem Bevölkerungswachstum und der wirtschaftlichen Entwicklung steigt der Druck auf die Binnengewässer. In 50 Jahren werden bis zu 7 Mrd. Menschen in 60 Ländern von Wasserknappheit betroffen sein. Es wird erwartet, dass Klimaänderungen im 21. Jahrhundert maßgeblich zur Ausweitung der globalen Wasserknappheit (zu etwa 20%) beitragen werden (UNITED NATIONS 2003). Bereits für das Jahr 2000 schätzte die WHO, dass der Klimawandel weltweit für etwa 2,4% aller Durchfallerkrankungen verantwortlich war (WHO et al. 2003). Allein in Afrika werden bereits 2020 zwischen 75 und 250 Mio. Menschen von einer erhöhten Wasserknappheit betroffen sein, hervorgerufen durch die Folgen des Klimawandels (UNITED NATIONS & UNESCO 2009).

Auch für Europa werden Folgen des Klimawan-

dels für das Auftreten Wasser-bezogener Erkrankungen prognostiziert (KOVATS et al. 1999). Unter der wahrscheinlichen Annahme eines erhöhten Hochwasser-risikos können Wasseraufbereitungsanlagen und Abwasserwerke in ihrer Funktion gestört werden, so dass toxische Substanzen und Krankheitserreger in Vorfluter und Trinkwasser gelangen. Das gleiche ist durch die Mobilisierung von Chemikalien und die Beschädigung von Leitungsnetzen infolge von Erdbeben zu befürchten. Im Zusammenhang mit Hochwasser ist insbesondere auch das Risiko von Infektionen, deren Erreger über kleinste Haut- und Schleimhautschäden in den menschlichen Körper eindringen (z.B. Leptospiren), drastisch erhöht. In einigen Teilen Osteuropas ist die Trinkwasserversorgung nicht flächendeckend vorhanden oder sie erfolgt diskontinuierlich. Betroffene Bevölkerungsgruppen sind besonders anfällig gegenüber Klima-bedingtem Rückgang des Süßwasserangebots. So erhöht z.B. die regelmäßige Unterbrechung der Wasserversorgung die Stagnation in Leitungsnetzen und damit die Wahrscheinlichkeit einer Verkeimung. Die damit verbundenen, unvermeidlichen Druckschwankungen erhöhen zudem das Risiko eines Fremdwassereintruchs in das Leitungsnetz.

Unter den hoch entwickelten Trinkwasser-Versorgungsstrukturen Westeuropas, Nordamerikas und Australiens ist zu befürchten, dass extreme Niederschlagsereignisse die Rohwasserqualität maßgeblich beeinträchtigen und die Aufbereitungstechnologien überfordern können, so dass Krankheitsausbrüche stattfinden. Aktuelle Defizite hinsichtlich des Schutzes von Trinkwasser-Einzugsgebieten und der Abwasser-Kanalisation in den USA können das Risiko einer Kontamination erhöhen, wenn Starkniederschlagsereignisse zunehmen. In über 950 US-amerikanischen Kommunen finden sich kombinierte Abwasser-Abschlagsbauwerke, die bei starkem Niederschlag ungereinigtes Abwasser in ihren Vorfluter einleiten, der wiederum als Trinkwasserressource genutzt wird (NATIONAL HEALTH ASSESSMENT GROUP 2001). Für die USA konnte ein Zusammenhang zwischen dem vermehrten Auftreten wasserbürtiger Krankheiten und vorangegangenen Starkniederschlagsereignissen für den Zeitraum zweifelsfrei nachgewiesen werden. Über die Hälfte aller wasserbürtigen Krankheitsausbrüche trat nach Starkniederschlägen auf (CURRIERO et al. 2001; PATZ et al. 2000).

Schlussbetrachtung

Ist Klimawandel eine ernsthafte Gesundheitsgefahr? Zweifellos, aber das Ausmaß der Bedrohung ist individuell und regional sehr verschieden und hängt unter anderem auch von Wohnort, Alter, Gesundheitssystem

und Infrastruktur des öffentlichen Gesundheitswesens ab. Gesundheitseffekte des Klimawandels werden vor allem auf Temperaturänderungen, Niederschlags-extreme, Luftverschmutzungen und Infektionskrankheiten zurückzuführen sein. Im Vergleich zu aktuellen Gesundheitsrisiken mag das Risiko durch den Klimawandel gering sein, die zusätzliche Krankheitslast durch dieses globale Phänomen wird aber recht hoch sein. Insbesondere Regionen oder Bevölkerungen mit bestehenden Umwelt- und Sozioökonomie-Problemen zeichnen sich durch ein erhöhtes Risiko aus. Unter dem Teilaspekt Wasser werden Meeresspiegelanstieg, Überschwemmungen, Dürren und El-Niño-Effekte als die Hot Spots von Klimawandel und Gesundheit angesehen. Die Gesundheitsfolgen des Klimawandels werden gleichzeitig eine der größten Herausforderungen für die Herstellung von Gesundheitsgerechtigkeit darstellen (PATZ & KOVATS 2002).

Literatur

- BARTRAM J. & J. HUEB (2000): Safe drinking water worldwide. In: Grohmann, A.: Drinking water hygiene – a global problem. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 108. Berlin: 24-38.
- CHECKLEY W., L. EPSTEIN, R. GILMAN, D. FIGUEROA et al. (2000): Effect of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet* 355, 442-450.
- CURRIERO F. C., J. A. PATZ, J. B. ROSE & S. LELE (2001): The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health* 91(8), 1194-1199.
- HALES S., S. KOVATS & A. WOODWARD (2000): What El Niño can tell us about human health and global climate change. *Global Change and Human Health* 1(1), 66-77.
- HERBST S. (2006): Water, sanitation, hygiene and diarrheal diseases in the Aral Sea area (Khorezm, Uzbekistan). *Ecology and Development Series No. 43*. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany.
- JAENISCH TH. & J. PATZ (2002): Assessment of associations between climate and infectious diseases. *Global Change & Human Health* 3 (1), 67-72.
- KOVATS R. S., A. HAINES, R. STANWELL-SMITH, P. MARTENS, B. MENNE & R. BERTOLLINI (1999): Climate change and human health in Europe. *British Medical Journal* 318, 1682-1685.
- KUMMU M., WARD P. J., DE MOEL H. & VARIS O. (2010): Is physical water scarcity a new phenomenon? *Global Assessment of water shortage over the last two millennia*. *Environmental Research Letters*, 5(3), 034006.
- NATIONAL HEALTH ASSESSMENT GROUP (2001): *Climate change and human health. The potential consequences of climate variability and change*. Baltimore. http://www.jhsph.edu/bin/y/g/climate_change_brochure.pdf.
- OKI T. & KANAE S. (2006): Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068.
- PATZ J. A., MCGEEHIN M. A., BERNARD S. M., EBI K. L., EPSTEIN P. R., GRAMBSCH A., GUBLER D. J., u.a. (2000): The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environmental Health Perspectives*, 108(4), 367-376.
- PATZ J. & S. KOVATS (2002): Hotspots in climate change and human health. *British Medical Journal* 325, 1094-1098.
- PRÜSS-ÜSTÜN A. (2008): *Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*, World Health Organization, Geneva
- RIVM (2000): *Health risks of water and sanitation*. National Institute of Public Health and Environment (RIVM), Bilthoven.
- UNITED NATIONS & WHO (2009): *International Strategy for Disaster Reduction: 2009 global assessment report on disaster risk reduction and poverty in a changing climate: invest today for a safer tomorrow*.
- UNITED NATIONS & UNESCO (2009): *Water in a changing world (WWDR-3)*. World Water Assessment Programme (3. Aufl.).
- UNITED NATIONS (2003): *Water for people - Water for life*. The United Nations & WHO world water development report. Barcelona.
- WHO & UNICEF (2010): *Joint Water Supply and Sanitation Monitoring Programme: Progress on sanitation and drinking water : 2010 update*. Geneva.
- WHO, WMO & UNEP (2003): *Climate change and human health - Risks and responses*. Geneva.
- WU C., C. MAURER, Y. WANG & D. L. DAVIS (1999): *Water pollution and human health in China*. *Environmental Health Perspectives* 107, 251-256.

*Prof. Dr. med. Thomas Kistemann
Dipl.-Geogr. Christoph Höser M.Sc.,
Dipl.-Geogr. Alexandra Wieland,*

*Prof. Dr. med. Martin Exner
Institut für Hygiene und Öffentliche
Gesundheit Universität Bonn*

*(WHO Collaborating Centre for Health Promoting
Water Management and Risk Communication)
Sigmund-Freud-Str. 25, 53105 Bonn*

thomas.kistemann@ukb.uni-bonn.de