



Themenpapier 6: Wasser

1 Einleitung

Im vorliegenden Themenpapier wird zuerst auf die Wassersituation weltweit (Wasserkreislauf, Wasserquellen der Landwirtschaft, Wasserknappheit, virtuelle Wasserflüsse) und den Handlungsbedarf angesichts der steigenden Wassernachfrage und des Klimawandels eingegangen. Anschliessend wird auch für die Schweiz eine Lageanalyse vorgenommen und der Handlungsbedarf aufgezeigt.

2 Welt

2.1 Zustand

80% des Wassers, das die Landwirtschaft weltweit braucht, ist Regen (grünes Wasser), 20% ist Wasser aus Flüssen, Seen und Grundwasser (blaues Wasser). Grundwasser kann in erneuerbar und nicht erneuerbar (fossil) unterteilt werden. Die Landwirtschaft braucht insgesamt 70% des blauen Wassers, der Rest wird – mit steigender Tendenz - von der Industrie und für die direkte Wasserversorgung der Bevölkerung genutzt.

Abbildung 1 zeigt den Wasserkreislauf: Hauptquelle für Wasser ist der Niederschlag (110 000 Kubikkilometer/Jahr = 100%). Davon verdunsten 56% auf Flächen, die für die Herstellung von Holz, Bioenergie, Fleisch (produziert in weidebasierten Systemen) resp. für die Erhaltung von Biodiversität (Feuchtgebiete, Regenwald etc.) verwendet werden. 4.5% des Wassers verdunstet auf nicht bewässerten landwirtschaftlich genutzten Flächen im engeren Sinn (Ackerbau und Tierhaltung exkl. Weidesysteme). Der Rest des Regens (39%) trägt zur Speisung der Blauwasservorräte bei. Davon verdunstet ein Teil auf bewässerten Landwirtschaftsflächen und über offenen Gewässern (1.4 resp. 1.3% der Regenwassermenge). Wirtschaft und Gesellschaft brauchen 0.1% der Regenwassermenge, davon wird der grösste Teil wieder dem blauen Wasser zugeführt (zum Teil verschmutzt). Der Rest (36% der Niederschlagsmenge) speist die Ozeane.

Abbildung 1: Wasserkreislauf

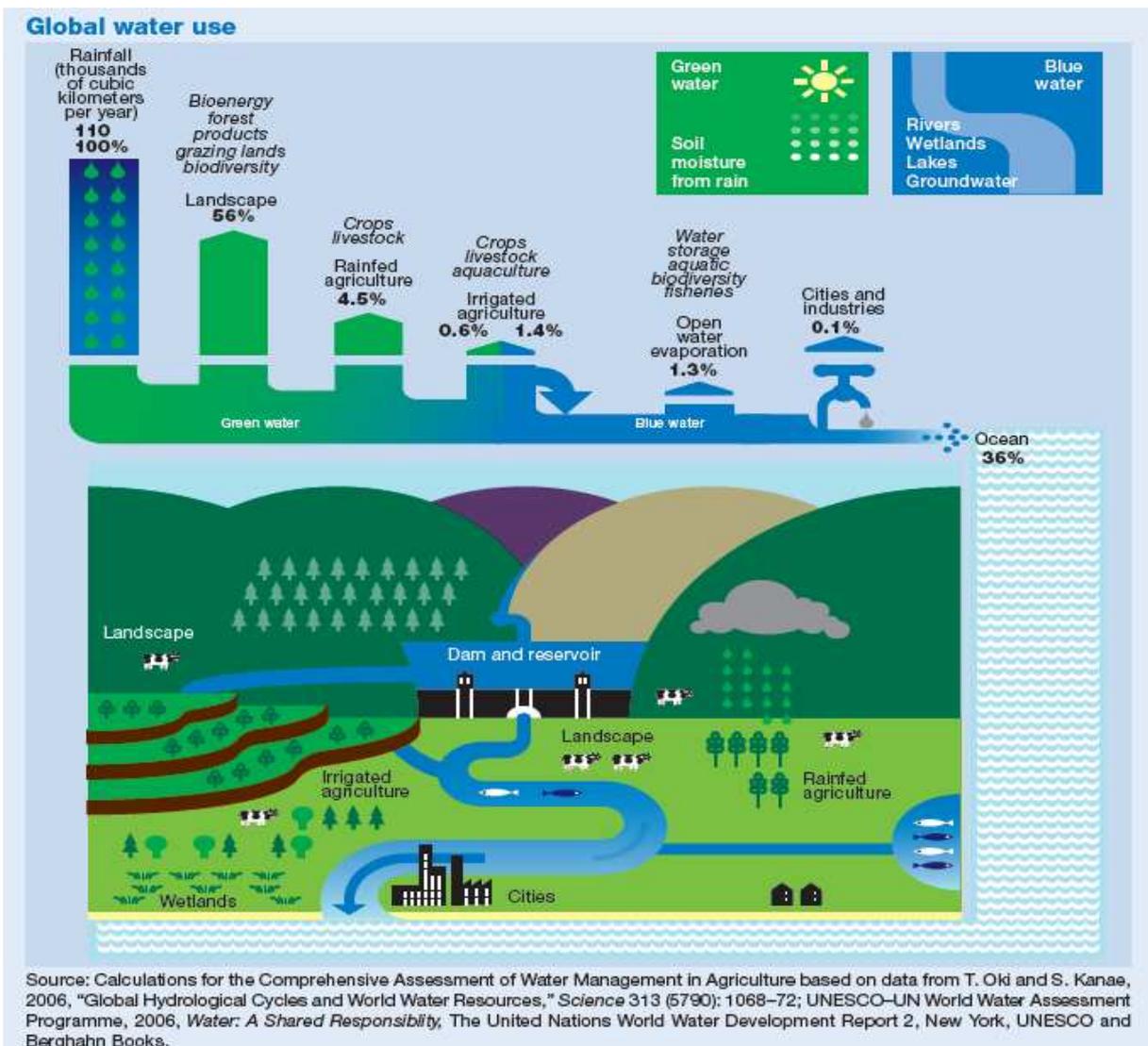
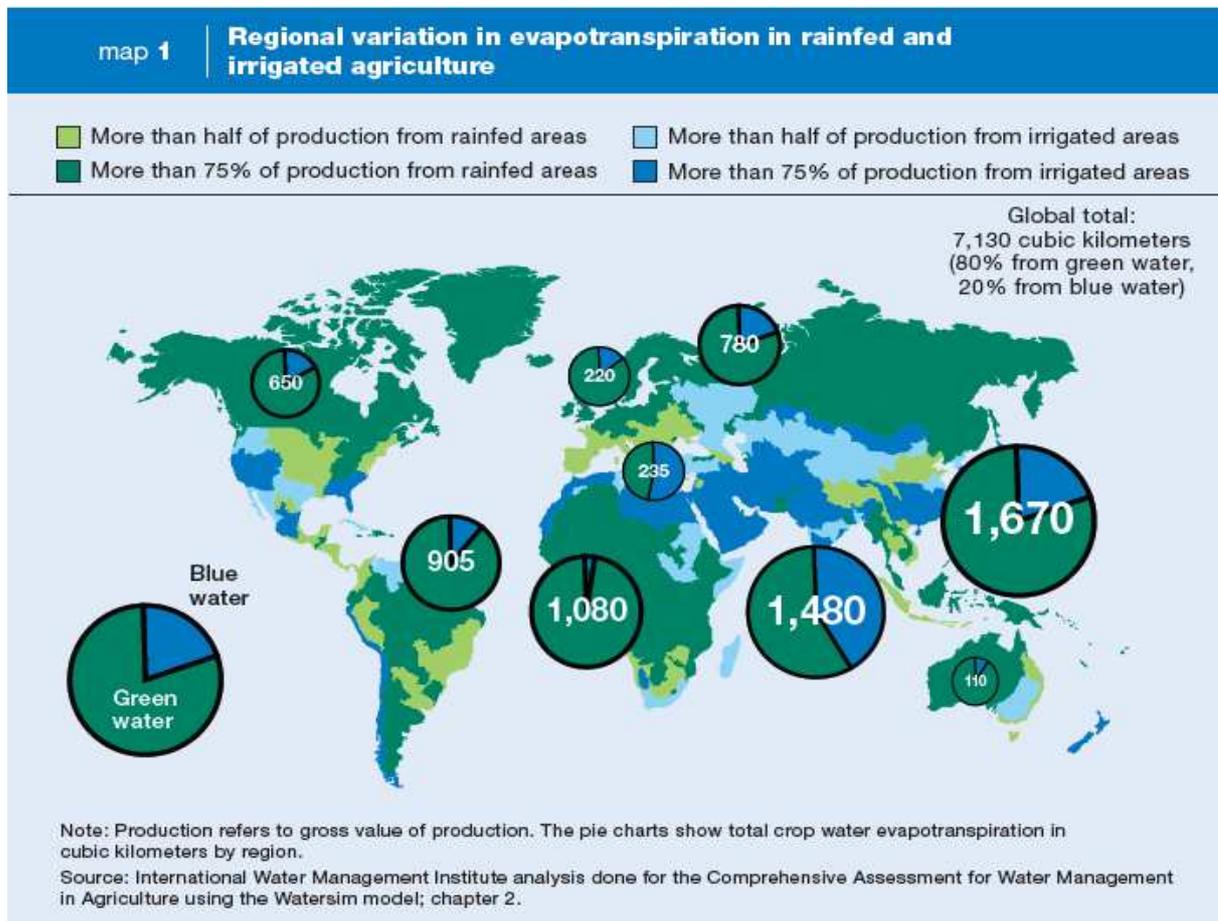


Abbildung 2 zeigt, dass die Landwirtschaft in Nordafrika, Zentral-, Süd- und Südostasien sowie im Westen der USA und in Florida relativ stark auf blaues Wasser angewiesen ist (geringe Niederschläge).

Abbildung 2: Wasserquellen der Landwirtschaft



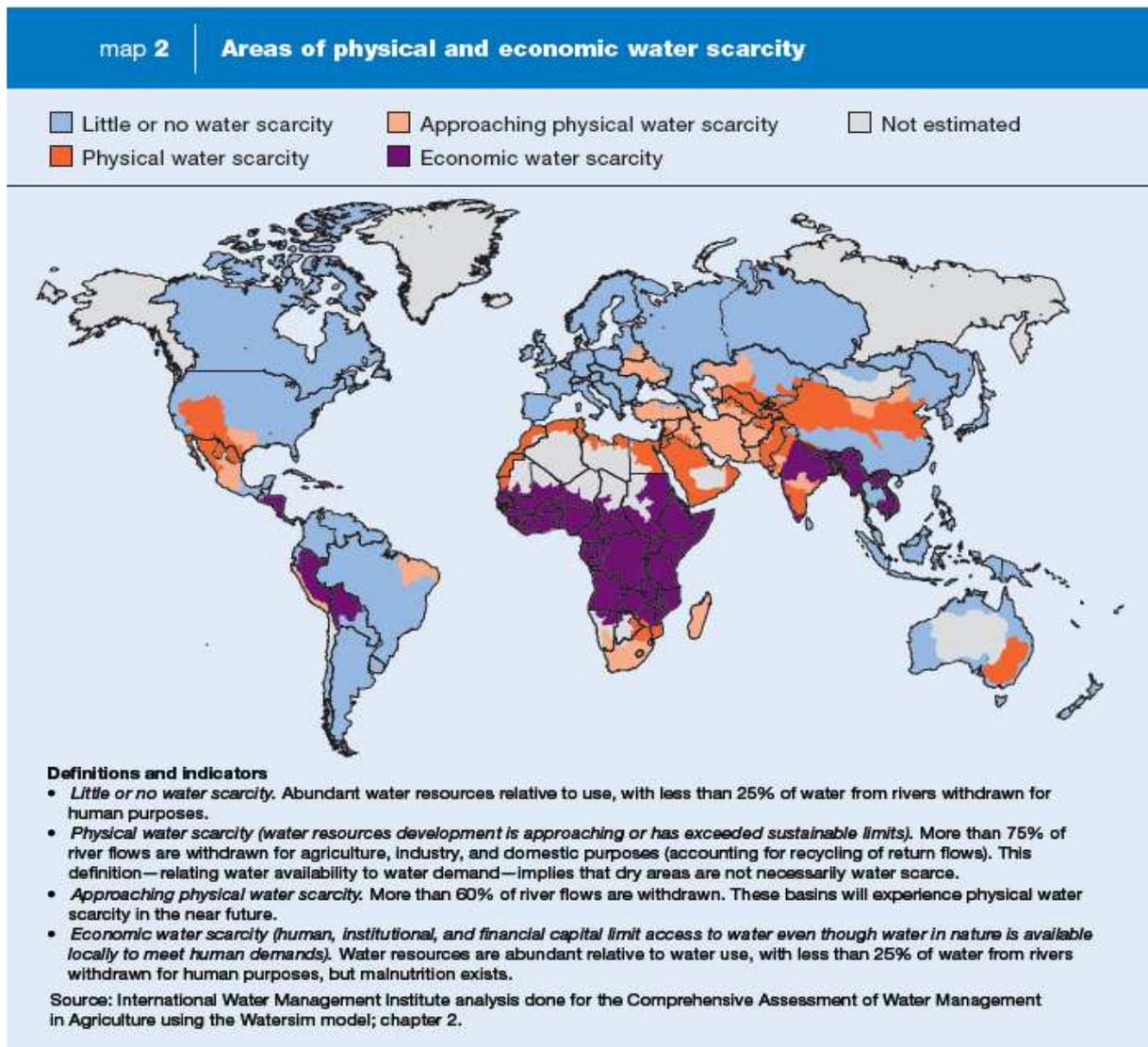
Quelle: Water for food. Water for life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, International Water Management Institute, Earthscan, 2007, <http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/>)

Grundsätzlich herrscht heute Wasserknappheit. Es wird zwischen verschiedenen Arten unterschieden:

- Physische Wasserknappheit (physical water scarcity): Mehr als 75% des totalen Wasserbedarfs einer Region wird Flüssen entnommen (vor allem in Zentralasien, Südindien, Nordafrika, Mittlerer Osten, West-USA)
- Sich anbahnende Wasserknappheit (approaching physical water scarcity): Mehr als 60% des totalen Wasserbedarfs einer Region wird Flüssen entnommen.
- Wirtschaftliche Wasserknappheit (economic water scarcity): Es gäbe genug Wasser, um den Bedarf zu befriedigen (weniger als 25% des totalen Wasserbedarfs wird Flüssen entnommen), aber es fehlen die notwendigen Investitionen, damit die Menschen überhaupt Zugang zu Wasser haben (vor allem in Afrika, Südasien, Südamerika).

Abbildung 3 zeigt, wo auf der Welt Wasserknappheit herrscht.

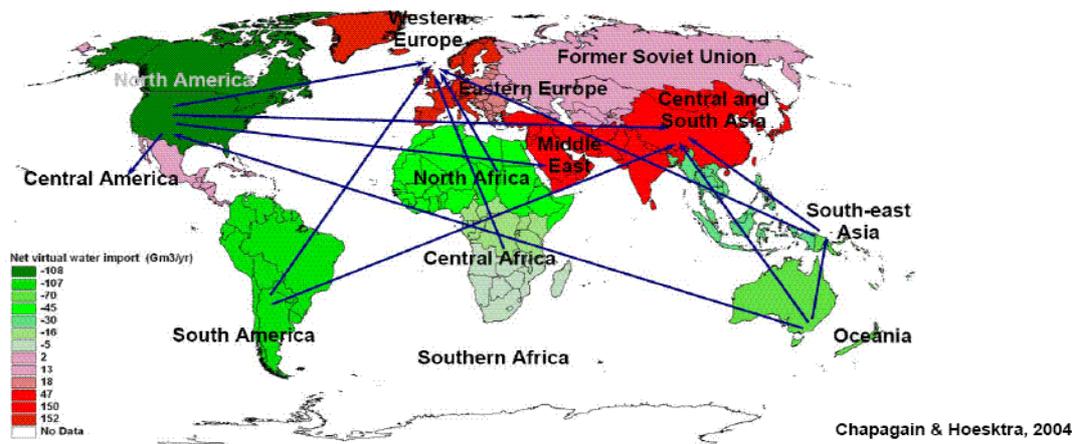
Abbildung 3: Wasserknappheit



Quelle: Water for food. Water for life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, International Water Management Institute, Earthscan, 2007, <http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/>)

Der Begriff „virtuelles Wasser“ bezeichnet die Menge Wasser, welche zur Produktion eines landwirtschaftlichen Erzeugnisses gebraucht wird. Der Vergleich der physischen und wirtschaftlichen Wasserknappheit (Abbildung 3) und den virtuellen Nettowasserflüssen zwischen den Weltregionen (Abbildung 4) zeigt, dass aktuell virtuelles Wasser in der Form von landwirtschaftlichen Erzeugnissen zum Teil aus wasserknappen Ländern (Afrika) in Länder mit genügend Wasser (Europa) fließt.

Abbildung 4: Mit dem Handel von landwirtschaftlichen Produkten verbundene virtuelle Wasserflüsse



Regional virtual water balances and net interregional virtual water flows related to the trade in agricultural products (period: 1997-2001)

2.2 Entwicklung von Angebot und Nachfrage (Zeithorizont 2050)

Der Bedarf nach Ackerbauprodukten (Nahrungs- und Futtermittel) wird sich bis 2050 mindestens verdoppeln (vgl. Themenpapier 1). Gemäss Schätzungen des International Water Management Instituts wird ohne Verbesserung der Wasserproduktivität die Wassernachfrage um 70—90% steigen. Dazu kommt der erwartete zusätzliche Bedarf für die Produktion von Energie, Baumwolle, Biotreibstoffen und Trinkwasser.

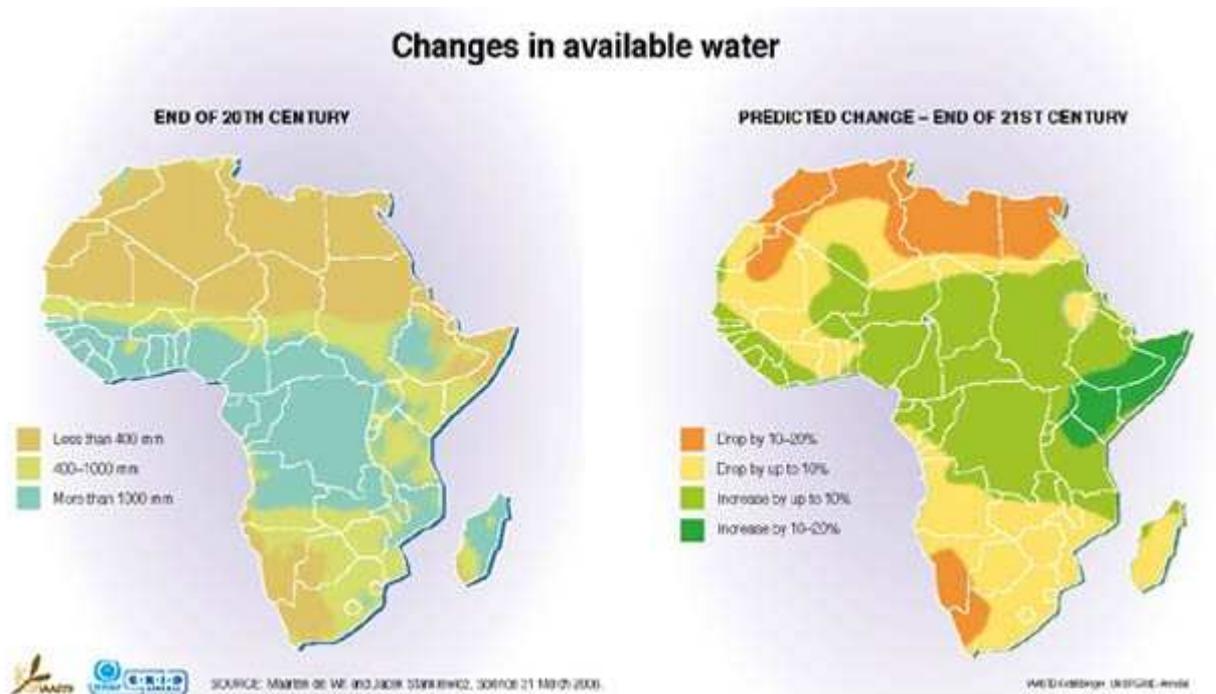
Das zukünftige Wasserangebot wird beeinflusst durch den Klimawandel und beim Grundwasser durch die Nutzungsintensität.

Der Klimawandel hat je nach Region unterschiedliche Auswirkungen. Während die Flüsse in höheren Breitengraden und in den Subtropen mehr Wasser führen dürften, wird im Mittelmeerraum, im südlichen Afrika, West-USA und Mexiko das Gegenteil der Fall sein. Die Verteilung des Wasserabflusses auf die Jahreszeiten wird sich zudem dort verschieben, wo heute viel Niederschlag in der Form von Schnee fällt (Europa, Himalaya, West-USA). Die Gletscherschmelze wird zudem kurzfristig zu mehr Abfluss führen, längerfristig wird er aber abnehmen. In Regionen ohne Schneefall werden die Abflüsse in den Spitzenzeiten steigen, in den Zeiten mit wenig Wasserabfluss aber noch mehr abnehmen oder ganz ausbleiben. Auch die zunehmenden Fluten und Dürren werden die Phasen mit Über- resp. Unterangebot verstärken. Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf die Wasserqualität: Die Erwärmung des Wassers führt zu Algenwachstum und höheren Bakterien- und Pilzkonzentrationen im Wasser. Intensivniederschläge führen zu mehr Auswaschung von Schadstoffen. Zudem wird es bei jenen Flussmündungen zu einer vermehrten Versalzung des Wassers kommen, wo die Stromstärke infolge des Klimawandels abnimmt¹.

¹ IPCC Fourth assessment report, Working group II report: Impact, adaptations, vulnerability, Kapitel 3: Fresh water resources and their management, 2007, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>

Abbildung 5 zeigt, wie sich die Wasserverfügbarkeit in Afrika bis zum Ende des 20. Jahrhunderts entwickeln wird. Verbessern wird sich die Situation insbesondere am Horn von Afrika und leicht verbessern in weiteren Regionen südlich der Sahara und Westafrikas. Verschlechtern wird sich die Situation vor allem in Nordafrika, aber auch in weiten Teilen der Sahara und Südafrikas.

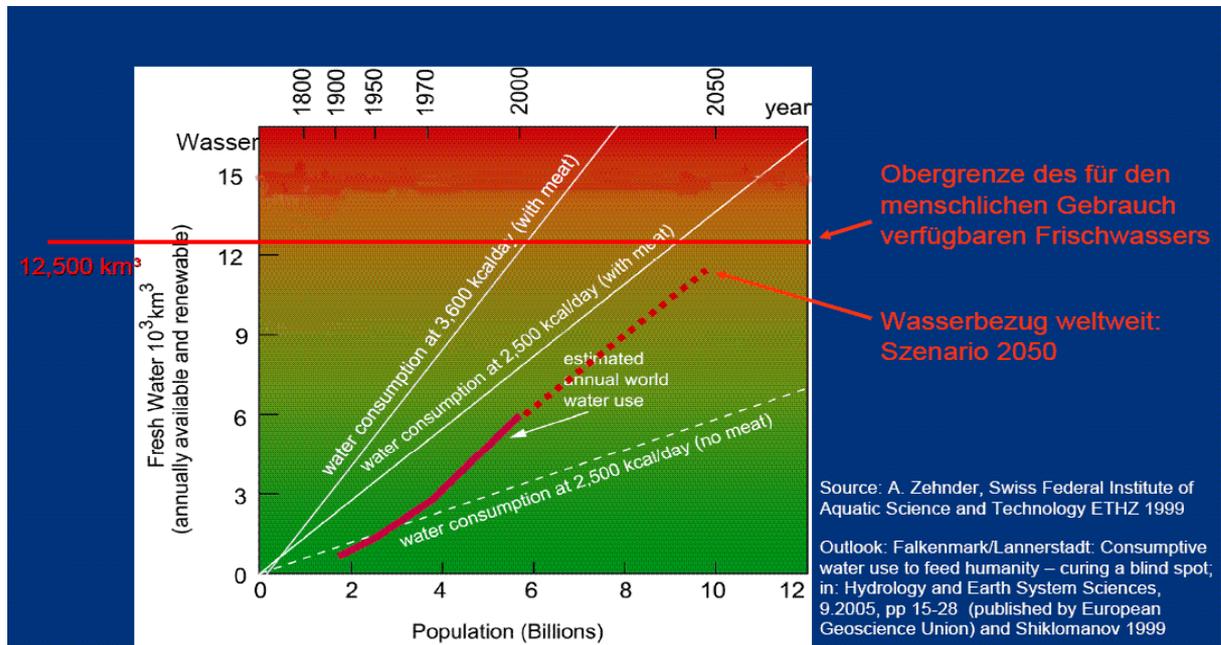
Abbildung 5: Wasserverfügbarkeit in Afrika



Quelle: <http://www.greenfacts.org/en/agriculture-iaastd/l-3/6-natural-resources.htm#1p0>

Abbildung 6 zeigt die geschätzte Zunahme des Wasserverbrauchs im Zeithorizont 2050 und drei alternative Szenarien, welche in Abhängigkeit eines unterschiedlichen durchschnittlichen Kalorienbedarfs mit und ohne Fleischkonsum definiert sind. Die rote horizontale Linie stellt die total verfügbare Wassermenge dar.

Abbildung 6: Wasserkonsum



Quelle: <http://www.fh-hwz.ch/display.cfm/id/100798>

2.3 Antworten

Strategien zur Deckung des Nahrungsmittelbedarfs mit dem beschränkten Wasserangebot

Es gibt gemäss dem International Water Management Institute drei Strategien, um den zukünftigen Nahrungsmittelbedarf ohne resp. nur mit einem begrenzten zusätzlichen Wasserbedarf befriedigen zu können:

- Produktivitätsverbesserungen:
 - o in Gebieten, wo viel basierend auf Regenwasserbewässerung produziert wird: Besseres Management der Bodenfeuchtigkeit, Anlegen von Wasserspeichern etc. Das grösste Potenzial hierzu besteht vor allem in Afrika südlich der Sahara, Süd- und Ostasien sowie Lateinamerika.
 - o in Gebieten mit viel Bewässerung: Verbesserung der Bewässerungssysteme, Verbesserung der Wasserspeicherung, Verwendung von Abwasser, Verwendung von mehr Grundwasser, mehr kombinierte Produktionsansätze (Kulturen/Tierhaltung) auf denselben Flächen. Das grösste Potenzial hierzu besteht vor allem in Süd- und Ostasien, in Zentralasien und Osteuropa.
- Ausdehnung der bewässerten Flächen. Dies ist vor allem möglich in Afrika südlich der Sahara.
- Optimierung des Welthandels (virtuelles Wasser): Wasserreiche Länder beliefern wasserarme Länder.

Das International Water Management Institute schätzt, dass durch die Kombination dieser drei Ansätze im besten Fall der Wasserbedarf der Landwirtschaft „nur“ von 7 130 Kubikkilometer auf ca. 8 500 Kubikkilometer steigt (ohne Massnahmen: 13 000 Kubikkilometer). Selbst eine moderate Zunahme hat

negative Konsequenzen für die Ökosysteme (Druck auf Grundwasserspiegel, Gefährdung von Feuchtgebieten etc.).

Diese Strategien sind in der internationalen Zusammenarbeit, für die nationalen Regierungen und auch auf regionaler und lokaler Ebene von Bedeutung. Eine good governance im Bereich Wasser ist erreicht, wenn ein nachhaltiges Gleichgewicht der Interessen der Bevölkerung, Landwirtschaft, Industrie und der Natur gefunden worden ist. Ein vielversprechender Ansatz ist dabei das Einzugsgebietsmanagement. Die Eigentumsrechte der verschiedenen Interessengruppen bezüglich Wassermengen, -verschmutzung und Infrastruktur müssen festgelegt werden. Dies wird auch die Wasserpreise für die Bewässerung in der Landwirtschaft beeinflussen.

Kasten Virtuelles Wasser

Das Konzept des virtuellen Wassers erlaubt es, die Bedeutung von Wasser als politischen und ökonomischen Faktor aufzuzeigen. Damit lässt sich auf anschauliche Weise darlegen, wie lokale Wasserdefizite durch globale ökonomische Prozesse beeinflusst werden.

Der Begriff „virtuelles Wasser“ bezeichnet die Menge Wasser, welche zur Produktion eines landwirtschaftlichen Erzeugnisses gebraucht wird. So braucht es z.B. rund 1'000 Liter Wasser, um 1 kg Weizen oder 2'500 Liter Wasser, um 1 kg Reis zu produzieren. Für die Produktion von tierischen Nahrungsmitteln (Fleisch, Milch, Eier) wird wesentlich mehr Wasser benötigt als dies für pflanzliche Lebensmittel der Fall ist. Je nach Region und Anbau-, bzw. Haltungssystem kann die erforderliche Wassermenge stark variieren.

Wasserbedarf für die Erzeugung von Nahrungsmitteln

Erzeugnis	Wasserbedarf in m ³ /kg
Rindfleisch, frisch	15
Schaf-/Lammfleisch, frisch	10
Geflügelfleisch, frisch	6
Reis	2,5
Weizen	1
Mais	0,7
Hirse	0,5

Quelle: FAO und Barthelemy et al.

Weltweit bestehen grosse Unterschiede in der Verfügbarkeit von Wasser. Insbesondere der asiatische Kontinent ist einer grossen Belastung ausgesetzt. Dort lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung, welcher 36% der Wasserressourcen der Welt zur Verfügung stehen. Durch die Nahrungsmittelimporte importiert Asien auch viel virtuelles Wasser. Dagegen sind die Kontinente Amerika und Australien, welche im Verhältnis zur Bevölkerung über viel Wasser verfügen, Exporteure von virtuellem Wasser.

Verfügbarkeit von Wasser und virtuelle Wasserbilanz im Vergleich zur Bevölkerung

Kontinent	Anteil der Wasserressourcen der Welt %	Anteil der Weltbevölkerung %	Virtuelle Wasserbilanz (Importe-Exporte) Mio. m ³ /Jahr
Nord- und Mittelamerika	15	8	-44 226
Südamerika	26	6	-21 354
Europa	8	13	4 806
Afrika	11	13	7 795
Asien	36	60	100 612
Australien	5	<1	-57 942

Quelle: UNESCO-WWAP und Chapagain & Hoekstra

Wenn ein Land, welches unter Wassermangel leidet, Nahrungsmittel importiert statt sie selbst zu produzieren, kann dies den Druck auf das verfügbare Wasser senken. Berechnungen haben ergeben, dass z.B. Jordanien 80–90% seines gesamten Inland-Wasserverbrauchs durch den Import von

virtuellem Wasser deckt. Im Gegenzug können Länder mit reichen Wasserressourcen virtuelles Wasser exportieren. Problematisch ist dagegen, wenn Länder mit Wassermangel landwirtschaftliche Produkte exportieren, die nur mit künstlicher Bewässerung hergestellt werden können.

Die Berücksichtigung des virtuellen Wassers in der nationalen und internationale Politik ist eine Möglichkeit, um das Problem des Wassermangels zu vermindern. Die Überlegungen zum virtuellen Wasser führen auch zum Schluss, dass die Landwirtschaft in der wasserreichen Schweiz weiterhin einen grossen Teil des Schweizer Nahrungsmittelbedarfs decken soll. Dies setzt allerdings voraus, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche – insbesondere die Fruchtfolgefläche – in ihrem Bestand erhalten bleibt.

3 Schweiz

3.1 Zustand

3.1.1 Wasserangebot (grün, blau), Wassernachfrage (Trinkwasser, Industrie, Landwirtschaft...), Bestände

Flussgrössen (Angebot und Nachfrage)

Im Vergleich zu anderen Regionen der Welt befindet sich die Schweiz in einer günstigen Lage. Die ergiebigen Niederschläge sowie die ausgleichende Wirkung der Schneeschmelze und – mit abnehmender Bedeutung – der Gletscherschmelze sorgen auch in Zukunft für ein vergleichsweise hohes Wasserangebot. Die Schweiz erhält ca. 60 Mrd. m³ Wasser durch Niederschläge, 13 Mrd. m³ fließen aus dem Ausland zu, v.a. aus Frankreich. 20 Mrd. m³ verdunsten, mehr als die Hälfte der übrigen Menge fliesst via Rhein in die Nordsee. Weitere Mengen fließen via Rhone ins Mittelmeer, über den Ticino/Po in die Adria/Mittelmeer und über Inn/Donau ins Schwarze Meer.

Bestandesgrössen

In der Schweiz lagern im Vergleich zu Europa überdurchschnittlich viele Mengen Wasserreserven. Die Reserven sind wie folgt verteilt:

Vorkommen	Volumen in Mio. m ³	Volumen in %
Natürliche Seen	134'000	51.1
Gletscher und Firn	67'500	25.8
Grundwasser	56'000	21.4
Stauseen	4'000	1.5
Bäche und Flüsse	500	0.2

Würden die Wasservorräte der Schweiz auf das Land gleichmässig verteilt, ergäbe dies einen Pegelstand von 6.35 m. Die Niederschlagsmenge beträgt rund 1.5 Meter.

Verbrauch: Pro Jahr wird in der Schweiz ca. 1 Mrd. m³ Trinkwasser produziert. Die Qualität des Rohwassers in der Schweiz ist gut bis sehr gut. So können beispielsweise 38% des gewonnenen Trinkwassers ohne jegliche Aufbereitung zum direkten Konsum ins Versorgungsnetz eingespiesen werden. Ein Drittel wird einstufig mit einer Entkeimungsanlage aufbereitet. Der Rest, überwiegend Seewasser, durchläuft eine mehrstufige Aufbereitung. Die Hälfte des Trinkwassers verbrauchen Haushalte, 30% Industrie und Gewerbe, 12 % sind Verluste.

3.1.2 Zuständigkeiten: Private, Gemeinden, Kantone, Bund

Die Gewässerhoheit obliegt den Kantonen, die die Bedingungen für die Nutzung der Gewässer unter Einhaltung der bundesrechtlichen Vorgaben festlegen. Die Kantone können die Nutzung der Gewässer von zusätzlichen Auflagen und Bedingungen abhängig machen oder sie können ganz auf die Erteilung eines Nutzungsrechts verzichten. Erforderlich ist eine gesamtheitliche Betrachtungsweise, die Aspekte wie den Hochwasserschutz, den Unterhalt von Fließgewässern und Revitalisierungsmassnahmen berücksichtigt, um nur diese zu nennen. Die verschiedenen Aspekte sind in mehreren Bundesgesetzen geregelt (GSchG, BGF, NHG, WBG, WRG). Bei der Anwendung dieser Gesetze ist eine Koordination notwendig. Die Kantone können diese auf verschiedene Weise realisieren (z.B. Richtplanung).

Trinkwasserversorgung

In der Schweiz fällt die Trinkwasserversorgung in den Kompetenzbereich der Kantone, welche den Versorgungsauftrag weiter an die Gemeinden delegieren und ihnen diesbezüglich erhebliche Entscheidungsfreiheiten einräumen. 3000 eigenständige Wasserversorgungen beliefern die Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz mit Trinkwasser. Davon sind sehr viele Klein- bis Kleinstbetriebe. In der Regel wird die Wasserversorgung in der Form einer öffentlichen Anstalt oder einer Korporation betrieben. Einstige privatrechtliche Genossenschaften verschwanden mehr und mehr zu Gunsten der Gemeindebetriebe, da Letztere sich für die Anforderungen eines Wasserwerks in finanzieller und betrieblicher Hinsicht offenbar besser eigneten. Neueren Ursprungs sind die vereinzelt existierenden Aktiengesellschaften mit der öffentlichen Hand, aber auch mit Privaten als Teilhaber. Die Qualität des Trinkwassers untersteht der ständigen Kontrolle durch die Verteiler selbst und der Überwachung durch den Kanton.

Qualitativer Gewässerschutz

Das BAFU hat den gesetzlichen Auftrag, das Wasser vor Verunreinigung zu schützen. Die Kantone teilen ihr Gebiet nach der Gefährdung der ober- und der unterirdischen Gewässer in Gewässerschutzbereiche ein. Sie scheiden Schutzzonen für die im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen und -anreicherungsanlagen aus und legen die notwendigen Eigentumsbeschränkungen fest. Die Kantone sind zuständig für die Entwässerungsplanung.

Die Kantone sorgen dafür, dass einem Grundwasservorkommen langfristig nicht mehr Wasser entnommen wird, als ihm zufließt. Sie scheiden Areale aus, die für die künftige Nutzung und Anreicherung von Grundwasservorkommen von Bedeutung sind.

Wasserkraft und Bewässerung

Der Bund übt die Oberaufsicht aus über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte der öffentlichen und der privaten Gewässer. Er legt Mindestrestwassermengen für Oberflächengewässer fest. Die Kantone sind dafür zuständig, dass die Fließgewässer unterhalb der Wasserentnahmestellen über das ganze Jahr eine minimale Wassermenge führen - unabhängig davon, ob die Wasserentnahme der Bewässerung oder der Wasserkraftnutzung dient. So sollen die ökologischen Funktionen der Flüsse erhalten bleiben, eine genügend starke Verdünnung des Wassers aus den Kläranlagen sowie eine ausreichende Speisung des Grundwassers und eine gewisse Dynamik dieses landschaftlich wichtigen Elements gewährleistet werden. Die Kantone können Abweichungen von diesen minimalen Wassermengen einräumen, z.B. in Trockenperioden zur Bewässerung der Kulturen. Teilweise delegieren sie diese Aufgabe an die Gemeinden.

Für die Wasserentnahme aus einem Gewässer zur Bewässerung ist eine Bewilligung oder allenfalls, je nach kantonalem Recht, sogar eine Konzession erforderlich. Die Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung sind bisher in den meisten Kantonen von untergeordneter Bedeutung verglichen mit den Entnahmen für andere Zwecke. Sie werden je nach Kanton sehr unterschiedlich beaufsichtigt und inventarisiert. Nur in einem Kanton ist die Aufsichtsstelle im Landwirtschaftsamt

integriert. Die Entnahmemengen werden in den wenigsten Kantonen kontrolliert, ausser in Trockenzeiten, in welchen Konkurrenzsituationen resp. Probleme mit Restwasser offensichtlich sind.

Das kantonale Recht bestimmt, welchem Gemeinwesen (Kanton, Bezirk, Gemeinde oder Körperschaft) die Verfügung über die Wasserkraft der öffentlichen Gewässer zusteht. Das verfügungsrechtige Gemeinwesen kann die Wasserkraft selbst nutzbar machen oder das Recht zur Benutzung andern verleihen. Die Schweiz verfügt am 1. Januar 2008 über 532 Wasserkraftwerke mit einer maximal möglichen Leistung ≥ 300 kW. Viele Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke sind im Besitz mehrerer Aktionäre.

Hochwasserschutz

Der Bund beaufsichtigt den kantonalen Vollzug dieses Wasserbaugesetzes. Er fördert im Rahmen der bewilligten Kredite Massnahmen, die dazu dienen, Menschen und erhebliche Sachwerte vor den Gefahren des Wassers zu schützen. Der Bund führt Erhebungen von gesamtschweizerischem Interesse durch über die Belange des Hochwasserschutzes und die hydrologischen Verhältnisse. Der Hochwasserschutz selbst ist Aufgabe der Kantone.

3.1.3 Bewässerung in der Landwirtschaft: Fakten und Zahlen

Das BLW geht basierend auf einer Umfrage bei den Kantonen davon aus, dass

- 43'000 ha regelmässig und weitere 12'000 ha in Trockenjahren bewässert werden;
- der gesamte Wasserbedarf für ein Trockenjahr 144 Mio. m³ beträgt.

Zwei Drittel der für die Bewässerung benötigten Wassermenge wird über traditionelle Bewässerungskanäle wie Suonen oder Bisses in das Bewässerungsgebiet geführt. Diese Bezugsart ist vor allem im Wallis vorherrschend. Die Wasserverluste und der Arbeitsaufwand dieser Technik sind vergleichsweise hoch. Die ökologischen, landschaftlichen und kulturhistorischen Aspekte wiegen jedoch diese Nachteile auf. Je rund 5% der Wassermengen werden aus Kanälen und Bächen, aus Flüssen oder aus dem Grundwasser entnommen. Mit nur je 1% hält sich die Entnahmemenge aus Seen sowie aus dem Trinkwassernetz in Grenzen.

Die schweizerische Landwirtschaft ist ein bescheidener Wasserbezügler: Sie braucht für die Bewässerung 12% des Gesamtwasserbedarfs der Schweiz. In Europa sind es 33%, weltweit sogar 70%. Aufgrund der anstehenden Gesuche rechnet das BLW, dass der Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung in den nächsten Jahren von 144 auf 170 Mio. m³ pro Jahr ansteigt. In einem Vergleich von 160 Ländern gehört die Schweiz zu jenem Viertel, das am wenigsten Wasser aus Grundwasser, Flüssen und Seen für die Landwirtschaft braucht (FAO: AQUASTAT).

Gemessen am durchschnittlichen Gesamtjahresabfluss der Schweiz von 53'000 Mio. m³ beträgt der Bedarf für die Bewässerung lediglich 0,3%. Für die Gesamtbilanz ist dieser Anteil unbedeutend.

3.2 Entwicklung von Angebot und Nachfrage (Zeithorizont 2050)

- o Allgemein (unter Einfluss des Klimawandels)

Als Folge der Klimaänderung wird gemäss Fuhrer et al. (2007) im Sommer und Herbst die durchschnittliche Niederschlagsmenge abnehmen. Hitzesommer mit niedrigen Wasserständen in Mittellandflüssen treten häufiger auf. Regional können die Grundwasserstände im Spätsommer und Herbst stärker sinken. Die Wasserverfügbarkeit im Boden nimmt ab. Gleichzeitig führen die höheren Temperaturen zu höherer Evaporation und zu einem grösseren Wasserbedarf der Pflanzen. Dieser hängt allerdings auch von der Entwicklungsdauer, welche im wärmeren Klima verkürzt ist sowie von der Kultur, der Sorte und des erhöhten CO₂-Gehaltes ab. Länger anhaltende und häufigere Trockenperioden führen zur Austrocknung des Bodens. Lokal verringert sich die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens durch Verkrustung und die Wasserspeicherfähigkeit durch Trockenrisse. Die Fähigkeit zur

Humusbildung nimmt ab. Bewässerung wäre in Trockenperioden vielerorts öfter nötig, auch wenn der frühere Vegetationsbeginn die Situation entschärft. Durch die höhere Temperatur steigt auch der Wasserbedarf in der Tierhaltung. Die Konkurrenzsituation bei der Nutzung von Grundwasser und bei kleinen und mittleren Fliessgewässern verschärft sich saisonal und regional (Trinkwasser / Landwirtschaft / Wasserkraft / Kühlwasser für die Stromproduktion / Rheinschifffahrt / Tourismus). Günstig wirkt sich die Abnahme des Bodenwassergehaltes auf die Einsatzmöglichkeit von grösseren landwirtschaftlichen Maschinen aus. Im Sommer sind Phasen mit 2–3 aufeinander folgenden, trockenen Tagen häufiger, was die Qualität von Heu und Emd erhöhen kann.

Im Winterhalbjahr nehmen der mittlere Niederschlag und die Intensität von Starkniederschlägen zu. In Höhenlagen unter ca. 1500 m ü.M. nehmen Hochwasserstände zu. Das Risiko für Wassererosion steigt im Winterhalbjahr. Diese Gefahr wird insbesondere dann verstärkt, wenn es klimabedingt zu einer Abnahme der aggregatstabilisierenden organischen Substanz im Boden käme. Zudem steigt das Risiko für Denitrifikation und Auswaschung von Nitrat im Winterhalbjahr.

Die Wirkung der höheren Wassertemperaturen auf die aquatischen Ökosysteme ist noch nicht abschätzbar. In Seen führt die Erwärmung zu einer stabileren Schichtung und zu einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser. Die Empfindlichkeit gegenüber Phosphoreinträgen steigt.

- Landwirtschaft (Bewässerungsbedarf, Strategie des Bundes)

Der Bewässerungsbedarf wird mit dem Klimawandel auch in der Schweiz zunehmen. Zeitlich und regional kann es zu Konkurrenzsituationen mit andern Nutzungen kommen, wie der Bericht „Klimaänderung und die Schweiz 2050“ des OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) aufzeigt. Die scheinbar unbedenkliche Gesamtbilanz darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass auf betrieblicher wie auf regionaler Ebene ökonomische und ökologische Aspekte der Bewässerung zu berücksichtigen sind, die künftig vermehrt eine Rolle spielen werden. Die Bewältigung des Hitzesommers 2003 hat gezeigt, dass im Hinblick auf den Klimawandel eine bessere Kenntnis über die in der Schweiz praktizierte Bewässerungswirtschaft notwendig ist. Dies ist von Vorteil, wenn in künftigen Konkurrenzsituationen die Nutzungsinteressen gegeneinander abgewogen werden, um ökonomisch und ökologisch optimierte Bewässerungssysteme zu entwickeln, oder wenn neue rechtliche Bestimmungen zur Wassernutzung vorbereitet werden.

Das BLW wird auch künftig Gesuche zur Unterstützung von Bewässerungsanlagen zurückhaltend und nach strengen Kriterien beurteilen. Neben der klimatologisch begründeten Bewässerungsbedürftigkeit müssen die Bewässerungswürdigkeit (agronomische und pedologische Aspekte) sowie die Machbarkeit (ökologische und technische Aspekte) ausgewiesen sein. Zur Zeit werden dazu neue Grundlagen erarbeitet.

Erschwerend für einen zuverlässigen Überblick ist, dass keine Koordination zwischen den kantonalen Landwirtschaftsfachstellen und den für Wasserentnahmen zuständigen Ämtern institutionalisiert ist. Hier besteht Handlungsbedarf, ebenso bei der Vereinheitlichung der Aufsicht über den Wasserbezug, der Erfassung der entnommenen Wassermengen sowie der Abstimmung der Tarifstrukturen. Aufgrund der Erfahrungen der Kantone, welche sich bereits heute mit Bewässerungsprojekten beschäftigen, sollten in der Ausbildung von Ingenieuren und Landwirten wieder vermehrt Bewässerungsaspekte einfließen.

3.3 Strategie und Massnahmen des Bundes

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die heutigen Strukturen im Bereich Wasserwirtschaft in der Schweiz nicht optimal für die Bewältigung der künftigen Herausforderungen sind. Konkrete Vorstellungen darüber, wie die Wasserressourcen und Gewässer künftig effizient und nachhaltig zu bewirtschaften sind, fehlen weitgehend. Einigkeit besteht aber darin, dass das hydrologische Einzugsgebiet als Bewirtschaftungsraum eine immer wichtigere Rolle einnehmen wird. Am 20. Juni 2008 haben

sich BAFU, BFE, Eawag, KVV, SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches), VSA (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute), SWV (Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband), Pro Natura und WWF zum Verein „Wasser-Agenda 21“ zusammengeschlossen. Dieser will Gesamtstrategien entwickeln, die die Wertschöpfungen aus dem Umgang mit Wasser für Gesellschaft und Umwelt auf Dauer optimieren und Bedrohungen durch das Wasser so gut wie möglich abwenden und mildern.

Quantität

Im Hinblick auf die Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel (ökologisch langfristige Ausrichtung) und der Marktöffnung (ökonomisch kurz- und mittelfristige Ausrichtung) empfiehlt sich eine Strategie nach drei Prioritäten:

- Angepasste Bodenbewirtschaftung, angepasste Kulturarten und Fruchtfolgen. Zu den möglichen Massnahmen gehören die frühere Aussaat bzw. Kopfdüngung im Frühling, die möglichst lückenlose Bodenbedeckung mit lebendem oder abgestorbenem pflanzlichem Material, Humusmanagement sowie der Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung im Sommer. Diese Massnahmen vermindern gleichzeitig die Bodenabschwemmung bei Starkniederschlägen. Die konsequenteste Form der gefügeschonenden Bodenbestellung ist die Direktsaat (no-till). Mit der Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen kann deren Trockenheitsresistenz beeinflusst werden, z.B. Kalium (Wasserhaushalt und die Stomataregulation), Phosphor im Jugendstadium (Wurzelentwicklung). Gesamtbetrieblich kann die Wahl eines trockenheitsangepassten Produktionssystems sowie die Diversifizierung die Auswirkungen von Trockenheit senken.
- Angepasste sparsame Wasserverteilungstechnologie und Ausnützen von Synergien. Das Bewässerungswasser muss möglichst effektiv eingesetzt werden. Zu den Massnahmen gehören u.a. die konsequente Anwendung der Tröpfchenbewässerung in Reihenkulturen und das Abstellen von Sprinkleranlagen bei Sonnenschein.
- Gezielte Bewässerung in Gebieten mit zunehmender Bewässerungsbedürftigkeit. Die Konkurrenz mit anderen Wassernutzern und der Umweltschutz beeinflussen die regionale und zeitliche Wasserverfügbarkeit.

Weitere mögliche Massnahmen zum Schutz vor Trockenheit sind der Einsatz von Sorten mit hoher Trockenheitsresistenz und Wassernutzungseffizienz, oder die Absicherung von Ernteeinbußen durch geeignete Versicherungslösungen.Qualität

Die Qualität des Wassers kann gefördert werden, indem:

- Kritische Stoffe nicht in die Umwelt gebracht werden (Zulassungserfahren)
- Kritische Anwendungen vermieden werden, generell oder situationsspezifisch: Regeln zur Anwendung (Vorschriften sowie freiwillige wie der ökologische Leistungsnachweis), Anreiz- und Sanierungsprogramme existieren.

Das vorhandene Instrumentarium zur Wasserqualität ist gut ausgebaut und flexibel. Grössere Veränderungen könnten die Einführung des integrierten Einzugsgebietsmanagements bewirken.

4 Schlussfolgerungen

- Von der Wasserknappheit sind vor allem Afrika, der Mittlere Osten aber auch Süd- und Zentralasien betroffen. Die unterschiedliche Betroffenheit kann zu politischen Spannungen führen.
- Eine Analyse der virtuellen Wasserflüsse zeigt, dass heute virtuelles Wasser in der Form von landwirtschaftlichen Erzeugnissen zum Teil aus wasserknappen Ländern (Afrika) in Länder mit genügend Wasser (Europa) fliesst.
- Der Wasserbedarf wird bis ins Jahr 2050 allein aufgrund der prognostizierten Nachfragestei-

gerung bei den Nahrungsmitteln um 70-90 Prozent zunehmen.

- Der Klimawandel wird in bestimmten Regionen zu einer Wasserverknappung führen (Mittelmeerraum, südliches Afrika, West-USA, Mexiko). Die Verteilung des Wasserabflusses auf die Jahreszeiten wird sich zudem dort verschieben, wo heute viel Niederschlag in der Form von Schnee fällt. Die Gletscherschmelze wird zudem kurzfristig zu mehr Abfluss führen, längerfristig aber abnehmen. Auch die zunehmenden Fluten und Dürren werden die Phasen mit Über- resp. Unterangebot verstärken. Der Klimawandel wird auch die Wasserqualität in verschiedenen Regionen negativ beeinflussen.
- Angesichts dieser doppelten Herausforderung (Nachfragesteigerung, Klimawandel) braucht es bei der Wassernutzung vor allem signifikante Produktivitätssteigerungen durch besseres Management der Bodenfeuchtigkeit und Investitionen in die Wasserspeicherung sowie eine Optimierung der Welthandelsflüsse (virtuelles Wasser).
- Im weltweiten Vergleich gehört die Schweiz zu den Ländern mit dem tiefsten Anteil der Bewässerung am Gesamtwasserverbrauch. Mit dem Klimawandel wird der Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft jedoch zunehmen. Für die Landwirtschaft empfiehlt sich eine Strategie nach drei Prioritäten: (1) Angepasste Bodenbewirtschaftung, angepasste Kulturarten und Fruchtfolgen, (2) Entwicklung angepasster sparsamen Wasserverteilungstechnologien, (3) Gezielte Bewässerung in Trockengebieten. Der Forschung, Bildung und Beratung kommt bei der Entwicklung und Umsetzung dieser Strategie eine wichtige Rolle zu.
- Die heutigen Strukturen im Bereich Wasserwirtschaft müssen optimiert werden. Das hydrologische Einzugsgebiet als Bewirtschaftungsraum wird in Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen.

Quellen

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. (2004). 'Water footprints of nations, Volume 1: Main Report', Value of Water Research Series No. 16, UNESCO-IHE

International Water Management Institute, Earthscan (2007), Water for food. Water for life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, <http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/>

IPCC (2007), Fourth assessment report, Working group II report: Impact, adaptations, vulnerability, Kapitel 3: Fresh water resources and their management, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>

Fuhrer J. et al., 2007: Landwirtschaft. In: Klimaveränderung und die Schweiz 2050. OcCC/ProClim-