

W

Deutscher Bundestag ■ Wissenschaftliche Dienste

Zum Wasserverbrauch von Biokraftstoffen

- Ausarbeitung -



Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages

Verfasser/in: [REDACTED]

Biokraftstoffe und Wasserhaushalt

Ausarbeitung WD 5 - 178/07

Abschluss der Arbeit: 18. September 2007

Fachbereich WD 5: Wirtschaft und Technologie;
Verbraucherschutz, Ernährung und
Landwirtschaft; Tourismus

Telefon: [REDACTED]

Ausarbeitungen und andere Informationsangebote der Wissenschaftlichen Dienste geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Die Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste sind dazu bestimmt, Mitglieder des Deutschen Bundestages bei der Wahrnehmung des Mandats zu unterstützen. Der Deutsche Bundestag behält sich die Rechte der Veröffentlichung und Verbreitung vor. Diese bedürfen der Zustimmung des Direktors beim Deutschen Bundestag.



1. Einleitung

Weltweit entfallen zwei Drittel des Wasserverbrauchs auf die Landwirtschaft. Die Beratungsgruppe für Internationale Agrarforschung (CGIAR) geht für die Ermittlung des für die Deckung des Welternährungsbedarfs benötigten Wassers von der Faustzahl 1 Liter/Kalorie aus. Dies bedeutet einen ernährungsbedingten Wasserbedarf von 2000 bis 5000 Liter/Tag, d.h. das 1000-fache des Trinkwasserbedarfs eines Menschen.

Der Anteil der Landwirtschaft am Trink-Wasserverbrauch der Erzeugerländer unterliegt – je nach klimatischen Verhältnissen, Wirtschaftsstrukturen und Verbrauchsgewohnheiten - starken Schwankungen. In Deutschland sind es nur ca. 3 %, in manchen Entwicklungsländern bis zu 80 %.

Die FAO schätzt, dass der Wasserverbrauch in den letzten hundert Jahren doppelt so schnell gestiegen ist, wie die Weltbevölkerung. 26 Länder stuft sie als wasserarm ein. Neben einigen der ärmsten Entwicklungsländern sind dies vor allem die Länder des nahen Ostens, in denen die Wasserknappheit eine wichtige, wenn nicht die wichtigste Quelle politischer Konflikte darstellt. Meist wird die Verknappung von Trinkwasser im Kontext der weltweiten Klimaveränderungen diskutiert. Die Zusammenhänge mit Umfang und Art der landwirtschaftlichen Nutzung sind in der öffentlichen Debatte weniger geläufig, obwohl in der jüngeren Vergangenheit des öfteren darauf hingewiesen wurde. So hat anlässlich der im August d. J. in Schweden abgehaltenen Weltwasser-Woche das Stockholm International Water Institute (SIWI) in seinem letzten „policy brief“ an die Entscheidungsträger appelliert, der Nachfragesteuerung und der Verringerung der Was-

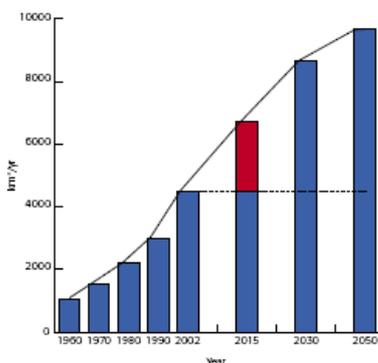


Fig. 8. Water requirement (present water productivity levels) to produce a standard supply of 3000 kilocalories per person per day (20% animal protein) in 92 developing countries to first achieve the 2015 Millennium Development Goal target, and then eliminate undernutrition. From SEI 2005.

serverluste Vorrang vor dem Ausbau der Wasserversorgung zu geben¹. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht hierbei der steigende Bedarf der Entwicklungsländer, der mit der Verfolgung der Millenniumsziele einhergeht. Die Erreichung des Ziels, die Bevölkerung in diesen Ländern mit 3000 kcal / t, davon 20 % über tierisches Eiweiß, zu versorgen (derzeit ca. 1600 kcal/t in den ärmsten Ländern gegenüber 5000 kcal / t in den USA), setzt im Jahr 2015 einen um 50 % erhöhten Wasser-

¹ Falkenmark et al: On the Verge of a New Water Scarcity, SIWI 2007

brauch der Landwirtschaft voraus². Im Zeitverlauf bis 2050 und im Zuge des Bevölkerungswachstums würde sich der Wasserbedarf der Landwirtschaft gegenüber dem Jahr 2002 verdoppeln.

Eine andere Betrachtung (Gleick, 1996) befasst sich mit dem Einfluss der Zusammensetzung der menschlichen Ernährung auf den Wasserverbrauch. Demnach beträgt der durchschnittliche Wasserverbrauch zur Produktion des Nahrungsbedarfs für eine erwachsene Person pro Jahr in Kalifornien 2200 m³. Davon werden 64 % für Fleischprodukte benötigt. In Tunesien genügen dagegen 1100m³. Der Anteil an Fleischprodukten beträgt dort 27 %. Beim World Water Forum 2003 wurde der Mehrverbrauch bei Übertragung der Ernährungsgewohnheiten der Industriestaaten auf die dritte Welt auf 75 % beziffert.

2. Zum Wasserbedarf von Energiepflanzen

In Deutschland erschienene Medienmeldungen der jüngsten Zeit bringen die Wasserverknappung in Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion über die Energieerzeugung aus Biomasse, speziell mit den Perspektiven von Biokraftstoffen. Nachdem speziell die erste Generation von Biokraftstoffen vermehrt wegen relativ bescheidener Energieeffizienz und wegen fragwürdigen Ökobilanzen sowie wegen evtl. Flächenkonkurrenzen mit der Nahrungsmittelerzeugung in Frage gestellt wird, ist in den letzten Monaten auch die potenzielle Konkurrenz der Biokraftstoffproduktion bei der Verteilung der knappen Trinkwasserressourcen ins Augenmerk gerückt worden.

In einem viel zitierten Interview in der „Zeit“ vom 04.04.07 übte z.B. der Vorstandsvorsitzende des Nahrungsmittelkonzerns Nestlé scharfe Kritik an der allgemeinen Begeisterung für Biokraftstoffe, die er für "ökologischen Wahnsinn" hält. Um einen Liter Treibstoff aus Pflanzen zu erzeugen, seien mehr als 4.500 Liter Wasser nötig. Der weltweite Getreidehandel sei „nichts weiter als ein Handel mit virtuellem Wasser“. Und auf keinen Fall dürfe man in Ländern, die auf künstliche Bewässerung angewiesen sind, Bioethanol produzieren. Das sei „Raubbau an dem kostbarsten Gut der Menschheit“ und der globale Wassermangel sei „eine größere Bedrohung als der Klimawandel.“ Aus Anlass der Weltwasserwoche wurde deren Präsident mit den Worten zitiert: „Wer glaubt,

² Hierbei wird unterstellt, dass 1/5 des täglichen Verzehrs durch tierisches Protein gedeckt wird.

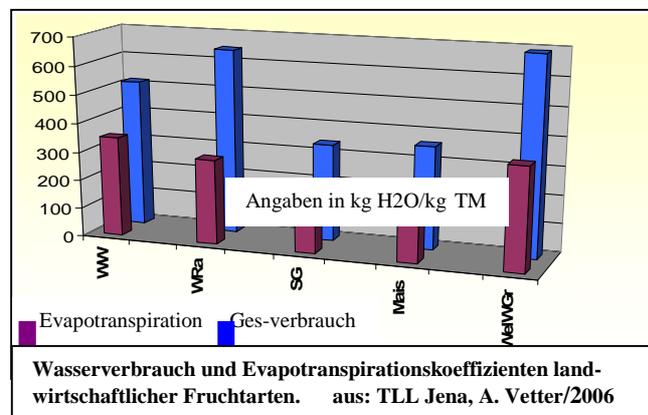


dass diese Treibstoffe die Problemlösung nach dem Öl bringen, täuscht sich gewaltig. Der jährliche Wasserverbrauch wird sich bis zum Jahr 2045 verdoppeln, wenn die EU und die USA an ihren Ausbauplänen für Biokraftstoffen festhalten“³

Unbeschadet der Tatsache, dass immer mehr lokale und regionale Konflikte um knappe Wasserressourcen ausgetragen werden, und hierbei der Bedarf der Landwirtschaft die entscheidende Größe ist, erscheint die neuerdings vorgenommene Fokussierung auf die Problematik der Bioenergien überzogen.

Der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Kulturen richtet sich in erster Linie nach den Wasseransprüchen der Pflanzen und dabei vor allem nach den Evapotranspirationskoeffizienten, die wiederum von der Luftfeuchtigkeit der Umgebung beeinflusst wird.

Die Verwendung des Erntegutes, also die Frage, ob z.B. Raps zu Speiseöl oder zu Biodiesel verarbeitet wird, spielt dagegen – mit Ausnahme des im Verarbeitungsprozess verbrauchten Wassers – zu-



nächst keine Rolle. Die Prognose einer Verdopplung des Wasserverbrauchs beruht folglich größtenteils auf der Annahme einer Ausweitung der Agrarflächen. Diese ist innerhalb Europas bis auf weiteres aber im Wesentlichen auf die Neukultivierung von Stilllegungsflächen konzentriert. Darüber hinaus gehende Flächen gehen zwar auf Kosten der Nahrungs- oder Futtermittelproduktion, nicht aber zu Lasten des Wasserverbrauchs. Allerdings sind Unterschiede im Wasserverbrauch der Kulturpflanzen zu berücksichtigen. So schneidet Winterraps hinsichtlich seines Wasserverbrauchs im Vergleich zu Mais ungünstig ab. Dies kann in trockenen Gegenden als Argument für die Bevorzugung des Getreidebaus (evtl. auch zur Ethanolgewinnung) oder der Biogas-erzeugung aus Mais herangezogen werden. In Feuchtgebieten und speziell auf staunassen Böden können Wasserzehrende Energiepflanzen wie Weidegras, Pappeln oder Weiden zur Bodenverbesserung eingesetzt werden. Andernorts kann laut Sachverständigenrat Umwelt (SRU, 2007) „der hohe Wasserbedarf einiger Kulturen – so zum Beispiel von intensiv betriebenen Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln oder Weiden – , wenn diese großflächig angebaut werden, zu erheblichen Problemen für den Gebietswasserhaushalt und die

³ Pressemeldung dpa vom 17. August 2007



daran gebundenen Funktionen wie Trinkwassergewinnung, Gefährdung der Bodenfauna oder Biotopschutz führen“.

Das Fazit des SRU im Sondergutachten „Klimaschutz durch Biomasse“ vom Juli 2007 enthält - mit Blick auf die Wasserressourcen – die Forderung, die Nachhaltigkeit des Wasserhaushalts zur Bemessungsgrundlage für die Allokationen im Bioenergiesektor zu machen. Ähnlich, wie im Hinblick auf andere Faktoren mit negativer Wirkung wie z. B. den übermäßigen Gebrauch von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, wird hierzu auf die durch die Beihilfepolitik gegebenen Steuerungsmöglichkeiten verwiesen und geraten, die Subventionierung der Bioenergien zu „entschleunigen“.

Umweltbelastungen ausgewählter Anbaupflanzen in Europa

Kulturpflanze	Nährstoff- auswa- schung	Pestizid- einträge	Erosion	Boden- verdich- tung	Wasser- verbrauch	Auswirk. auf Bio- diversität	Auswirk. auf Agro- diversität
Dauergrünland	A	A	A	A	A	A	A
Wintergetreide	A	A	A	A	A	B	B
Kurzumtriebsgehölze (Pappel, Weide)	A	A	A	A	B	A/B	A
Hanf	A	A	A/B	A	B	B	A
Oliven	A	B	A/B	A	A	A/B	A
Grasensaat	B	A	A	A/B	A	B/C	A
Alfalfa	B	A	A	A/B	A/B	A/B	A
Weizen	A	B	A	A	B	B/C	C
Rutenhirse	?	?	A	A	A	B	A
Hirse	A	B/C	A	A	A/C	B	B
Senf	A/B	B	A/B	A	B	B	A
Sonnenblume	A/B	B	B/C	A	B	A/B	B
Zuckerrübe	B/C	B	C	C	A/C	B	B
Kartoffeln	B/C	B	C	C	C	B/C	B
Raps	B/C	C	B	A	-	B/C	A/B
Mais	C	C	C	B	A/B	C	B/C
A = geringes Risiko, B = mittleres Risiko, C = hohes Risiko, - = Kriterium nicht anwendbar, ? = nicht ausreichende Datenlage							
SRU/ISG 2007-2/Tab. 3-2; Datenquelle: EEA 2006, Annex 4							

Auch die Europäische Umwelta-
gentur (EEA) hat in der Studie
„How much bioenergy can Eu-
rope produce without harming
the environment?“ aus dem Jahr
2006 die Wasserverfügbarkeit in
die Abschätzung der Potenziale
für den Energiepflanzenanbau
einbezogen. Im Ergebnis, das
dem Biomasseaktionsplan der
EU-Kommission zugrunde ge-
legt wurde, werden die größten
Potenziale in Frankreich und
Deutschland gesehen, wo einer-
seits genügend Flächen und
Wasser vorhanden sind und an-

dererseits die Temperaturen noch für einen relativ raschen Aufwuchs von Biomasse sorgen. Auch für solche Standorte gilt aber das Prinzip, dass der Anbau so eingegrenzt werden soll, dass eine Absenkung der Grundwasserspiegel vermieden wird. Dies kann durch eine Flächenbegrenzung (Beschränkung auf Stilllegungsflächen und sonstige freiwerdende Flächen, Vermeidung des Grünlandumbruchs) geschehen, aber auch durch die Wahl wassersparender Pflanzenarten beeinflusst werden.

Erscheint es sinnvoll und möglich, Bedenken hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Erzeugung von Bioenergien durch eine angemessene Ausgestaltung der ökonomischen Rahmenbedingungen und auf den Wasserhaushalt des jeweiligen Einzugsgebiets abgestimmte Nutzungskonzepte entgegenzusteuern, so ist die vorgebrachte Skepsis in Anbetracht der großräumigeren Entwicklungen im Grundsatz durchaus nachzuvollziehen.

3. Der internationale Handel mit virtuellem Wasser

Dem Schlagwort vom „virtuellen Wasser“ dessen internationaler Handel von Kritikern neuerdings vehement moniert wird, liegt ein Rechenmodell zugrunde, das Mitte der 90-er Jahre mit Blick auf die konfliktträchtige Wasserknappheit im Nahen Osten entwickelt wurde und sich seither in den Agrar- und Umweltwissenschaften zunehmend etabliert. Die Ausweitung landwirtschaftlicher Kulturen, zumal auf Bewässerungsflächen, kann zur Absenkung von Grundwasserspiegeln und zum Trockenfallen von Brunnenbohrungen am jeweiligen Standort führen⁴. Ein Land wie Ägypten kann seine immer knapper werdenden Wasserressourcen schonen, indem es z.B. auf Getreide- und Baumwollanbau teilweise verzichtet, und diese Produkte aus Ländern mit Wasserüberschuss importiert. Auf diese Weise kann ein entsprechend geregelter Agrarhandel für den Ausgleich von Wasserbilanzen sorgen. Nach dem Zusammenbruch des Apartheidregimes in Südafrika entschloss sich das Land zum Import virtuellen Wassers und ging gezielte Vereinbarungen zum Nahrungsmittelhandel mit den Anrainerstaaten ein. Auf diese Weise konnten teure wasserbauliche Maßnahmen zum Ressourcentransfer aus wasserarmen in wasserreiche Einzugsgebiete vermieden werden.

In der Realität des Weltagrarhandels ist allerdings der umgekehrte Vorgang wesentlich häufiger zu beobachten. Neben den USA und Kanada, in denen Wasser nicht generell knapp ist, finden sich Länder wie Kasachstan, Syrien, der Sudan und Burkina Faso unter den 30 größten Exporteuren von Virtuellem Wasser (Hoekstra, Hung 2003). Speziell zur Situation in den westafrikanischen Ländern, in denen Baumwolle die wichtigste Devisenquelle ist, herrscht seit dem Ende der Kolonialzeit kein Mangel an Literatur bezüglich der ökologischen und sozialen Folgekosten, Absenkungen des Grundwasserspiegels eingeschlossen. Auch EU-intern sind solche Prozesse zu beobachten. So hat

⁴ Virtuelles Wasser = die Menge Wasser, die zur Produktion eines landwirtschaftlichen Erzeugnisses benötigt wird. Ein kg Weizenkorn enthält ca. 1000 l, 1kg Reis 2500 l virtuelles Wasser. Für ein Baumwoll-Tshirt werden 2000 l benötigt, für ein Paar Schuhe 8000 l. 1kg Hühnerfleisch enthält 4500 l virtuelles Wasser. Z.Vgl.: 1 PKW enthält bis zu 300.000 l Virtuelles Wasser, 1 PC-Speicherchip 150 l. (Angaben lt. Institute for Water Education der [UNESCO](#))



sich die Gemüse- und Obstproduktion sukzessive in wasserarme Länder Südeuropas verlagert, wo große Bewässerungsperimeter eingerichtet wurden. Die fortlaufende Absenkung des Grundwasserspiegels und andere Trockenheitsphänomene wurden dabei kaum in Rechnung gestellt.

Dass die ökologische Bedenklichkeit des internationalen Handels mit virtuellem Wasser öffentlich erst jetzt, bzw. in Zusammenhang mit der Ausweitung der Biomasseverwertung in der Energieerzeugung in den Vordergrund gerückt wird, ist angesichts der beständigen Ausweitung von Agrarimporten wie Fleisch, Häuten, Wein, und Obst aus semiariden und ariden Regionen eher verwunderlich. Wie z.B. ein Vergleich der virtuellen Wassergehalte brasilianischer Exportprodukte wie Zuckerrohr, Kaffee, Fleisch, Leder und Baumwolle, mit dem für energetische Verwertung geeigneten Produkte zeigt, machen diese bislang noch einen relativ geringen Anteil des „water footprint“ aus.

Auch eine Verdoppelung der Ethanol-Exporte würde dieses Bild nicht wesentlich verändern, zumal sie nicht zwangsläufig mit einer Verdoppelung der Anbauflächen auf Kosten der Nahrungsmittelproduktion bzw. des sonstigen Trinkwasserbedarfs einhergehen.

Durchschnittlicher virtueller Wassergehalt ausgewählter Agrarprodukte in ausgewählten Ländern (m³/t)												
	USA	China	India	Russia	Indonesia	Australia	Brazil	Japan	Mexico	Italy	Netherlands	World average*
Rice (paddy)	1275	1321	2850	2401	2150	1022	3082	1221	2182	1679		2291
Rice (husked)	1656	1716	3702	3118	2793	1327	4003	1586	2834	2180		2975
Rice (broken)	1903	1972	4254	3584	3209	1525	4600	1822	3257	2506		3419
Wheat	849	690	1654	2375		1588	1616	734	1066	2421	619	1334
Maize	489	801	1937	1397	1285	744	1180	1493	1744	530	408	909
Soybeans	1869	2617	4124	3933	2030	2106	1076	2326	3177	1506		1789
Sugar cane	103	117	159		164	141	155	120	171			175
Cotton seed	2535	1419	8264		4453	1887	2777		2127			3644
Cotton lint	5733	3210	18694		10072	4268	6281		4812			8242
Barley	702	848	1966	2359		1425	1373	697	2120	1822	718	1388
Sorghum	782	863	4053	2382		1081	1609		1212	582		2853
Coconuts		749	2255		2071		1590		1954			2545
Millet	2143	1863	3269	2892		1951		3100	4534			4596
Coffee (green)	4864	6290	12180		17665		13972		28119			17373
Coffee (roasted)	5790	7488	14500		21030		16633		33475			20682
Tea (made)		11110	7002	3002	9474		6592	4940				9205
Beef	13193	12560	16482	21028	14818	17112	16961	11019	37762	21167	11681	15497
Pork	3946	2211	4397	6947	3938	5909	4818	4962	6559	6377	3790	4856
Goat meat	3082	3994	5187	5290	4543	3839	4175	2560	10252	4180	2791	4043
Sheep meat	5977	5202	6692	7621	5956	6947	6267	3571	16878	7572	5298	6143
Chicken meat	2389	3652	7736	5763	5549	2914	3913	2977	5013	2198	2222	3918
Eggs	1510	3550	7531	4919	5400	1844	3337	1884	4277	1389	1404	3340
Milk	695	1000	1369	1345	1143	915	1001	812	2382	861	641	990
Milk powder	3234	4648	6368	6253	5317	4255	4654	3774	11077	4005	2982	4602
Cheese	3457	4963	6793	6671	5675	4544	4969	4032	11805	4278	3190	4914
Leather (bovine)	14190	13513	17710	22575	15929	18384	18222	11864	40482	22724	12572	16656

aus: A. Y. Hoekstra · A. K. Chapagain Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, Springer Science+Business Media B.V. 2006

Sind solche Interessenkonflikte auf lokaler und regionaler Ebene nicht auszuschließen, so ist dies jedoch eher ein Problem der Besitzverhältnisse, der fehlenden Validierung der Trinkwasserressourcen und des jeweiligen Agrarregimes. In seiner Stellungnahme

zu einer Studie der Schweizer Regierung (EMPA, 2007) schreibt die „Arbeitsgemeinschaft Bioenergie“ „Wenn wir schon biogene Güter importieren, dann wäre es aus energetischer Sicht sinnvoller, Bioenergieträger zu importieren, da wir bei der Nahrung (Gemüse, Früchte etc.) viel Wasser transportieren müssen. Ob es aber ethisch verantwortbar ist, in der dritten Welt Nahrung in Bioenergieträger umzuwandeln und zu exportieren, ist mehr als nur fraglich!“⁵.

Seitdem die EU-Kommission im „Biomasse-Aktionsplan“⁶ festgestellt hat, dass die Biomasse-Potenziale in der Europäischen Union unter der Vorgabe der nachhaltigen Nutzung nicht ausreichen, um die Produktionsziele aus heimischer Erzeugung zu erreichen, und deshalb Importe in einer Größenordnung von 50% des Bedarfs notwendig sein werden, ist eine lebhafte Diskussion über die Zertifizierung grüner Energien aus dem außereuropäischen Raum in Gang gekommen⁷.

In den EU-internen Abstimmungsprozessen, vor allem aber innerhalb der Gremien der WTO dürfte die Frage nach der Schonung von Trinkwasserressourcen, der Vermeidung sozialer Konflikte in wichtigen Anbauregionen, und nicht zuletzt das Interesse der europäischen Länder an der Konkurrenzfähigkeit der heimischen Bio-Energieerzeugung künftig eine wichtige Rolle spielen.

4. Fazit

Aus landwirtschaftlichen Produktionsmustern resultierende Risiken für die Trinkwasserhaushalte sind keine Sonderheit der Produktion von Biokraftstoffen. Die Nachhaltigkeit der Agrarproduktion im Hinblick auf die Wasserressourcen leidet – vor allem in Entwicklungsländern - sowohl unter mangelhaft entwickelten wassersparenden Kulturtechniken als auch unter dem Fehlen adäquater Preise für Wasser und seiner Bereitstellung. Die Ausweitung der Biokraftstoff-Produktion vermag die Risiken tendenziell zu verstärken, wenn keine Instrumente zur Steuerung eingerichtet werden und wenn unangemessene Subventionierung der Produktion zur Übernutzung der Ressourcen verleitet. Innerhalb der Mitgliedsstaaten der EU stehen im Rahmen der Agrar-Umweltpolitik und

⁵ ausführlicher Text s. <http://www.news-service.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/8514.pdf>

⁶ Mitteilung der Kommission, Aktionsplan für Biomasse, KOM(2005) 628 endgültig, Brüssel 7.12.2005

⁷ s.a. Fragen zur Zertifizierung von Palmöl, Ausarbeitung WD 5 - 163/07 in der Anlage (Die meisten Zertifikate bei Palmöl, die bereits 70 % der Importe in die EU abdecken, schließen das Kriterium des Wasserverbrauchs mit ein.

der GAP ausreichende Instrumente zur Verfügung, um den aus anderen Sparten der Agrarproduktion bekannten Fehlbildungen vorzubeugen (cross compliance).

In den internationalen Agrarhandelsbeziehungen bietet sich die Möglichkeit, den Wasserverbrauch der Biokraftstoffproduktion in die bei andern Produkten wie Holz und Pflanzenöle z.T. schon gängigen Zertifizierungssysteme einzubeziehen.



Literatur

A. K. Chapagain, A. Y. Hoekstra, 2004: Water footprints of nations, Value of Water Research Report Ser. 16, 2004, Hrsg.: UNESCO-IHE Institute for Water Education

Gleick, P.H., 1996 : "Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs." Water International Vol. 21, No. 2, pp. 83-92.

Hoekstra, Hung, 2003: Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, in Hoekstra A. Y. (Hrsg.), Virtual Water Trade – Proceedings of The International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft: IHE (Research Report Series 12), 25–47

Zah et al (EMPA), 2007: „Ökobilanz von Energieprodukten, ökologische Bewertung von Biotreibstoffen, BFE, BAFU, BLW , Bern, 22. Mai 2007

Vetter, A. 2006: Standortgerechte und umweltverträgliche Produktion von Energie, Vortrag – Tagung "Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven" des Dachverbandes Agrarforschung, Braunschweig, Oktober 2006

