

UBP-Bewertung für den Wasserbedarf von Treibstoffen

Kunde

Bundesamt für Umwelt, BAFU
Sektion Konsumgüter und Ökobilanzen
Mathias Tellenbach, Norbert Egli
CH – 3000 Bern, Schweiz

Autoren

Rolf Frischknecht
Niels Jungbluth

Unter Mitarbeit von
Stephan Pfister, ETH Zürich

Uster, November 2009

Bericht

ESU-services Ltd.
Rolf Frischknecht
Niels Jungbluth
Sybille Büsser
Matthias Stucki
www.esu-services.ch

Kanzleistrasse 4
T +41 44 940 61 91
T +41 44 940 61 32
T +41 44 940 61 35
T +41 44 940 67 94
F +41 44 940 61 94

CH - 8610 Uster
frischknecht@esu-services.ch
jungbluth@esu-services.ch
buesser@esu-services.ch
stucki@esu-services.ch

Impressum

Titel	UBP-Bewertung für den Wasserbedarf von Treibstoffen
Kunde	Bundesamt für Umwelt, BAFU Sektion Konsumgüter und Ökobilanzen Mathias Tellenbach, Norbert Egli CH – 3003 Bern
Liability Statement	Information contained herein have been compiled or arrived from sources believed to be reliable. Nevertheless, the authors or their organizations do not accept liability for any loss or damage arising from the use thereof. Using the given information is strictly your own responsibility.
Inhaltliche Verantwortung	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.
Version	UBP_Bericht_BewertungWasser_v1.01.doc, 04.11.2009 07:59:00
Autoren	Rolf Frischknecht, Niels Jungbluth ESU-services Ltd. Kanzleistrasse 4, 8610 Uster Tel. +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 frischknecht@esu-services.ch www.esu-services.ch

Zusammenfassung

Die revidierte Mineralölsteuer-Verordnung verlangt von Lieferanten von erneuerbaren Treibstoffen eine Sachbilanz, als Voraussetzung für die Prüfung einer möglichen Steuerbefreiung. Der Treibstoff muss unter anderem eine positive ökologische Gesamtbilanz im Vergleich zur fossilen Referenz nachweisen können. Dies wird vom BAFU auf Grundlage der bewerteten Sachbilanz überprüft.

Die Wassernutzung insbesondere in Regionen mit grosser Wasserknappheit stellt ein unter Umständen relevantes Umweltproblem für importierte Treibstoffe auf Basis erneuerbarer Rohstoffe dar. Bisher gibt es keine lokal und regional differenzierende Methode zur Bewertung und zur Erfassung der dazu notwendigen Daten.

In diesem Bericht wird eine Methode zur Regionalisierung der Bilanzierung und Bewertung der Wassernutzung durch die Treibstoffherstellung und -nutzung beschrieben. Es wird vorgeschlagen, die Verfügbarkeit von Süsswasser mit dem Wasserstress-Index abzubilden. Die Regionen sollen vereinfacht in sechs Kategorien eingeteilt werden. GIS-Files mit Informationen über den nach Wassereinzugsgebiet differenzierten Wasserstress stehen zur Verfügung, um die lokale Knappheits-Situation in der Bewertung abbilden zu können.

Das hier vorgeschlagene Konzept der Regionalisierung eignet sich auch für die Nutzung in grossen Ökobilanz-Datenbanken wie demecoinvent Datenbestand v2.01. Es ermöglicht eine relativ differenzierte Bewertung der Wasserknappheit bei insgesamt überschaubarem Aufwand. Neben der Einführung neuer Elementarflüsse (Wasserressourcen, differenziert nach den sechs Wasserstress-Index Kategorien) und derer Bewertungsfaktoren (gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2006) können auch die Prozesse der Wasserbereitstellung (Trinkwasser, entkarbonisiertes Wasser etc.) so angepasst werden, dass sie für die verschiedenen Knappheitssituationen verwendet werden können.

Die Auswertungen von Ökobilanzen zu konventionellen Treibstoffen und zu Treibstoffen auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe zeigen, dass die Regionalisierung auf die Phase des landwirtschaftlichen Anbaus der Biomasse beschränkt werden kann. Die Wassernutzung der weiteren Prozessschritte ist bezüglich Gesamtumweltbelastung in den bisher bekannten Fällen von untergeordneter Bedeutung.

Wir schlagen deshalb vor, dass der Hersteller, Händler beziehungsweise Importeur von Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe Informationen über den Wasserverbrauch beim Rohstoffanbau, die geographische Lage der landwirtschaftlichen Anbauflächen und über die Wasserherkunft zur Verfügung stellen müssen.

Abkürzungen

	Deutsch	English
BAFU	Bundesamt für Umwelt	(Federal Office for the Environment)
CH	Schweiz	Switzerland
ESU		Energie – Stoffe – Umwelt
FAO		Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FOEN	(Bundesamt für Umwelt)	Federal Office for the Environment
ISO		International Organization for Standardization
kPt	Kilopunkte (= 1'000 Punkte)	kilopoints (=1'000 points)
MinöStV	Mineralölsteuer-Verordnung	
OECD		Organisation for Economic Co-operation and Development
Pkw	Personenkraftwagen	passenger car
RER	Region Europa	Region Europe
UBP	Umweltbelastungspunkte (Ökopunkte)	Environmental impact points (eco-points)
WWDR II		World Water Development Report II

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	I
ABKÜRZUNGEN	II
INHALT	III
1 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG	1
2 DIE METHODE DER ÖKOLOGISCHEN KNAPPHEIT	1
2.1 Die Bewertungsformel	1
2.2 Charakterisierung	2
2.3 Normierung	2
2.4 Gewichtung	2
2.5 Die Konstante	3
2.6 Der Ökofaktor von Süswasserentnahme	3
3 REGIONALE ÖKOFAKTOREN DER WASSERENTNAHME	4
3.1 Einführung	4
3.2 Regionale Süswasserbeanspruchung	4
3.2.1 Der Wasserstress-Index	4
3.2.2 Wasserentnehmer und deren Wasserquellen	5
3.2.3 Regionalisierung des Wasserstress-Indexes	6
4 IMPLEMENTIERUNG IN ÖKOBILANZ-SOFTWARE	8
4.1 Einführung	8
4.2 Ergänzung Elementarflüsse	9
4.3 Ergänzung Bewertungsfaktoren	9
4.4 Ergänzung Sachbilanzdatensätze	10
5 RELEVANZ DES WASSERBEDARFS BEI DER BEREITSTELLUNG UND NUTZUNG VON TREIBSTOFFEN	11
5.1 Relevanz des Wasserbedarfs bei fossilem Benzin	11
5.2 Relevanz des Wasserbedarfs bei Treibstoffen auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe	13
6 SACHBILANZ MIT REGIONALISIERTEN ÖKOFAKTOREN	14
6.1 Einführung	14
6.2 Datenbedarf zur Einstufung gemäss Wasserstress-Index und zur Erfassung der Wassernutzung	15
7 LITERATUR	16

1 Ausgangslage und Fragestellung

Die revidierte Mineralölsteuer-Verordnung verlangt von Lieferanten von erneuerbaren Treibstoffen eine Sachbilanz, als Voraussetzung für die Prüfung einer möglichen Steuerbefreiung. (MinöStV 2008). In dieser Ökobilanz müssen einerseits die Treibhausgas Emissionen und andererseits die Gesamtumweltbelastung quantifiziert werden. Zur Ermittlung der Gesamtumweltbelastung wird auf die Methoden Eco-indicator 99 (H, A) und die Methode der ökologischen Knappheit 2006 (Umweltbelastungspunkte 2006) abgestützt (Frischknecht et al. 2008). Letztere beinhaltet eine Bewertung des Süßwasserbedarfs. Sie kann regional unterschiedliche Wasserknappheiten bei der Bewertung berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der Verordnung stehen die folgenden Fragen an:

- Welche Informationen muss ein Hersteller oder Importeur von Biotreibstoffen zusammentragen, um eine angemessene Bewertung des Wasserbedarfs seines Produktes zu ermöglichen?
- Wie muss die Sachbilanz auf Grundlage dieser Daten erstellt werden, damit sie von der Kontrollbehörde mit der Methode der ökologischen Knappheit bewertet werden kann?
- Wie können Regionen spezifische Bewertungsfaktoren der Wassernutzung in klassischen Ökobilanz Software Instrumenten (z.B. SimaPro) implementiert werden?
- Welchen Stellenwert hat der Wasserbedarf bei der fossilen Referenz und müssen hierzu noch zusätzliche Sachbilanzdaten erhoben werden?

Der vorliegende Bericht beantwortet die vorstehenden Fragen. In Kap. 2 wird die Methode der ökologischen Knappheit in ihren Grundzügen erläutert und ein Konzept zur Regionalisierung des Ökofaktors "Süßwasserbedarf" beschrieben. Kap. 3 enthält Ausführungen zur Datenlage bezüglich subnational differenziertem Wasserstress. In Kap. 4 werden die in den in Ökobilanz-Werkzeugen erforderlichen Anpassungen beschrieben. Die Erkenntnisse der Relevanz des Wasserbedarfs bezüglich Gesamtumweltbelastung bei der fossilen Referenz (Benzin, bleifrei, ab Tankstelle) und ausgewählten Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe sind in Kap. 5 dokumentiert. Im abschliessenden Kap. 6 wird der Informationsbedarf aus Sicht der Treibstoff-Hersteller und -Importeure spezifiziert.

2 Die Methode der ökologischen Knappheit

2.1 Die Bewertungsformel

Die Methode der ökologischen Knappheit gewichtet die Umwelteinwirkungen, das heisst die Schadstoffemissionen und die Ressourcenentnahmen, mit sogenannten "Ökofaktoren". Der Ökofaktor leitet sich aus der Umweltgesetzgebung oder entsprechenden politischen Zielen ab. In seiner Grundform ist er, entsprechend der ISO-Norm 14044, in die drei Elemente

- Charakterisierung,
- Normierung, und
- Gewichtung

gliederbar (siehe Gleichung (1)).

$$\text{Ökofaktor} = \underbrace{K}_{\substack{\text{Charakterisierung} \\ \text{(optional)}}} \cdot \underbrace{\frac{1 \cdot \text{UBP}}{F_n}}_{\text{Normierung}} \cdot \underbrace{\left(\frac{F}{F_k}\right)^2}_{\text{Gewichtung}} \cdot \underbrace{c}_{\text{Konstante}} \quad (1)$$

mit: **K** = **Charakterisierungsfaktor** eines Schadstoffs beziehungsweise einer Ressource

Fluss = Fracht eines Schadstoffs, Verbrauchsmenge einer Ressource oder Menge einer charakterisierten Umwelteinwirkung

F_n = **Normierungsfluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz

F = **Aktueller Fluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

F_k = **Kritischer Fluss**: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

c = **Konstante** ($10^{12}/a$)

UBP = **Umweltbelastungspunkt**: die Einheit des bewerteten Ergebnisses

2.2 Charakterisierung

Charakterisierungsfaktoren werden für Schadstoffe und Ressourcen bestimmt, die einer spezifischen Umweltwirkung (beispielsweise dem Treibhauseffekt) zugeordnet werden können. Dabei wird die Wirkung eines bestimmten Schadstoffes (zum Beispiel Treibhauswirksamkeit von Methan) in Beziehung gesetzt zur Wirkung einer Referenzsubstanz (in diesem Beispiel Kohlendioxid).

2.3 Normierung

Die Normierung dient dem Anpassen der Knappheitssituation (Gewichtung) an die aktuellen Emissionen/Ressourcenentnahmen einer Region. Die Normierung wird anhand der aktuellen Flüsse der Schweiz vorgenommen.

Die Knappheit (Gewichtung) ist eine dimensionslose Grösse, die nur vom Verhältnis aktuellem zu kritischem Fluss, nicht aber von deren absoluten Werten bestimmt wird. Mit der Normierung wird die Beurteilung auf die schweizerischen Verhältnisse angepasst (normiert). Deshalb **erfolgt die Normierung auf der Basis der gesamtschweizerischen jährlichen Schadstoff-Emissionen** resp. Ressourcen-Entnahmen.

2.4 Gewichtung

Die abschliessende Gewichtung von Schadstoffen beziehungsweise Ressourcen oder von charakterisierten Umweltwirkungen erfolgt anhand ihrer "Distanz zur Umweltzielsetzung" ("Distance-to-Target"), der sogenannten "**ökologischen Knappheit**". Dazu verwendet die Methode einerseits die gesamten gegenwärtigen Flüsse einer Umwelteinwirkung (aktuelle Flüsse) und andererseits die im Rahmen der umweltpolitischen Ziele als maximal zulässig erachteten Flüsse derselben Umwelteinwirkung (kritische Flüsse). Je nach Ausgestaltung des Umweltziels beziehungsweise der Umweltgesetzgebung werden einzelne Substanzen oder (charakterisierte) Umweltwirkungen betrachtet.

Das Verhältnis aktueller zu kritischem Fluss wird als Quadrat berücksichtigt. Dies hat den Effekt, dass starke Überschreitungen vom Zielwert (kritischer Fluss) überproportional und starke Unterschreitungen unterproportional gewichtet werden. Eine zusätzliche Emission wird also stärker gewichtet, je weiter die Belastungssituation vom angestrebten Zustand entfernt ist.

Die Gewichtung ist eine dimensionslose Grösse, die ausschliesslich vom **Verhältnis des aktuellen zu kritischem Fluss** bestimmt wird. Die absolute Grösse der Flüsse hat keinerlei Einfluss auf die Gewichtung. So resultiert ein identischer Gewichtungsfaktor unabhängig davon, ob beispielsweise ein aktueller Fluss von 2000 t/a und ein kritischer Fluss von 1000 t/a vorhanden ist oder ob diese deutlich tiefer bei 6 und 3 kg/a liegen. Das Verhältnis der Flüsse ist in beiden Beispielen jeweils 2:1, der Gewichtungsfaktor ist somit in beiden Fällen 4.

2.5 Die Konstante

Der Faktor c ist für alle Ökofaktoren identisch und dient der besseren Handhabbarkeit; er führt zu praktikableren Grössenordnungen und enthält die aus den Mengeneinheiten verbleibende Zeitdimension.

2.6 Der Ökofaktor von Süsswasserentnahme

Die Einheit des Ökofaktors ist "Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Umwelteinwirkungseinheit", also beispielsweise "30 UBP pro Gramm SO_2 ", beziehungsweise "Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Umweltwirkungseinheit", beispielsweise "0.31 UBP pro Gramm CO_2 -Äquivalente".

Die Formel erlaubt es, zeitlich und örtlich differenzierende Ökofaktoren sowie Ökofaktoren von Untergruppen bestimmter Schadstoffe zu bestimmen, die mit dem Grundkonzept und mit den Schweizer Jahresökofaktoren vollständig kompatibel und somit problemlos kombinierbar sind. Die Methode der ökologischen Knappheit 2006 ermöglicht insbesondere im Bereich Süsswasser eine regional differenzierte Bewertung.

Die relative Süsswasserbeanspruchung wird in sechs Kategorien eingeteilt, für die je ein separater Ökofaktor zur Verfügung steht (siehe Tabelle 1). Die Ökofaktoren variieren um drei Grössenordnungen, je nachdem ob die Wasserentnahme in einem Gebiet mit tiefem oder mit extrem hohem Wasserstress-Index erfolgt.

Tabelle 1 Ökofaktoren der Süsswasser-Entnahme gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2006

	relativer Wasserbeanspruchungs-Index $\left(\frac{\text{Wasserverbrauch}}{\text{Wasserangebot}}\right)$	Normierung (km ³ /a)	Gewichtung (-)	Ökofaktor 2006 (UBP/m ³)	Beispielländer
<i>tief</i>	<0.1	2.57	0.0625	24	Argentinien, Österreich, Estland, Island, Irland, Madagaskar, Russland, Sambia, Schweiz, Venezuela
<i>moderat</i>	0.1 bis <0.2	2.57	0.563	220	Griechenland, Frankreich, Mexiko, Tschechien, Türkei, USA
<i>mittel</i>	0.2 bis <0.4	2.57	2.25	880	China, Deutschland, Italien, Japan, Spanien, Thailand, Zypern
<i>hoch</i>	0.4 bis <0.6	2.57	6.25	2'400	Algerien, Bulgarien, Marokko, Sudan, Tunesien
<i>sehr hoch</i>	0.6 bis <1.0	2.57	16	6'200	Pakistan, Syrien, Tadschikistan, Turkmenistan
<i>extrem</i>	≥1	2.57	56.3	22'000	Israel, Jemen, Kuwait, Oman, Katar, Saudi Arabien

3 Regionale Ökofaktoren der Wasserentnahme

3.1 Einführung

Der Bericht zur Methode der ökologischen Knappheit weist Bewertungsfaktoren für dreissig OECD Länder aus. Erneuerbare Rohstoffe zur Herstellung von Treibstoffen stammen oftmals aus Nicht-OECD Ländern. Zudem kann die Wasserverfügbarkeit auch innerhalb eines Landes stark unterschiedlich sein, wie das Beispiel Spanien zeigt. Deshalb wird in den nachfolgenden Abschnitten erläutert, welche Informationsgrundlagen verfügbar sind, um die Frischwasser-Entnahme regional differenziert zu bewerten.

3.2 Regionale Süsswasserbeanspruchung

3.2.1 Der Wasserstress-Index

Süsswasser ist in manchen Weltgegenden knapp, in anderen hingegen im Überfluss vorhanden. Die United Nations (1997) haben den Wasserstress-Index als Mass für die Knappheit des Süsswasserangebotes vorgeschlagen. Der Wasserstress-Index entspricht dem Verhältnis von Bruttoentnahme zum erneuerbaren Wasserangebot (Niederschlag plus Zuflüsse aus Nachbarstaaten minus Verdunstung).

Bei einem Verhältnis Bruttoverbrauch zu Wasserangebot von 10-20 % wird der Wasserstress gemäss United Nations (1997, S. 28-29) als moderat klassiert, bei einem Verhältnis von 20-40 % als mittel bis hoch, und bei über 40 % als hoch. Ein moderater bis mittleren Wasserstress wird gemäss OECD (2004) als tolerierbar erachtet. In der Methode der ökologischen Knappheit wurde deshalb der kritische Fluss auf 20 % des Wasserangebotes festgelegt.

Unter Wasserentnahme wird gemäss OECD (2004) und FAO¹ jegliche Entnahme von Süsswasser für landwirtschaftliche und industrielle Produktionsprozesse und durch Haushalte verstanden. Darin enthalten ist also Wasser, das Oberflächengewässern oder dem Grundwasser entnommen und in Landwirtschaft, Haushalten und Industrie genutzt wird. Die Wasserentnahme zu Zwecken der Drainage in der Landwirtschaft kann zwar relevant sein und wird theoretisch gemäss OECD zum Bedarf gerechnet. Allerdings beinhalten derzeit lediglich die Daten Ägyptens das Drainagewasser der Landwirtschaft. Aus praktischen Gründen wird deshalb das Drainagewasser der Landwirtschaft im Rahmen der Bewertung der Wassernutzung nicht berücksichtigt.

Wasser, das von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung genutzt wird, wird gemäss OECD Systematik nicht berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wird Regenwasser, das direkt auf die landwirtschaftliche Fläche fällt sowie Grund- und Oberflächenwasser das auf der landwirtschaftlichen Fläche ohne menschlichen Eingriff zur Verfügung steht.

3.2.2 Wasserentnehmer und deren Wasserquellen

In den ecoinvent Datensätzen ist die Wasserentnahme zur Grundwasserregulierung beispielsweise in den Bereichen Braun- und Steinkohlebergbau, beim Abbau von Gold, Silber und Platingruppen-Metallen berücksichtigt. Das Ableiten von Meteorwasser von Strassen und Hausdächern ist weder in den Statistiken zur Wassernutzung noch in den ecoinvent Daten berücksichtigt. Drainagewasser in der Landwirtschaft ist bisher nicht erfasst. In diesem Sinne sind die ecoinvent Datensätze mit den Daten der Länderstatistiken konsistent. In Tabelle 2 ist der Datenbedarf verschiedener Wasserentnehmer im Hinblick auf die Bilanzierung in Ökobilanzen aufgeführt.

Tabelle 2 Charakterisierung von Wasserentnehmern und deren Wasserquellen im Hinblick auf die Berücksichtigung in der Sachbilanz

Wasserentnehmer	Wasserquellen	Bemerkungen
+ Landwirtschaft	Grund- und Oberflächenwasser	Direkte Wasserentnahmen für landwirtschaftliche Zwecke (gepumpt oder aus Oberflächengewässern abgeleitet), zur Bewässerung von Kulturen und bei der Tierhaltung. Drainagewasser wird in der Sachbilanz nicht erfasst, da deren Mengen auch in den statistischen Daten nicht enthalten sind.
+ öffentliche Versorgung	Grund- und Oberflächenwasser, Meerwasser	Durch Wasserwerke an Haushalte, Gewerbe und Industrie gelieferten Wassermenge, die zunächst auf Trinkwasserqualität aufbereitet wird. Netzverluste und Eigenverbrauch sind in der Sachbilanz der Trinkwasser-Bereitstellung enthalten.
+ Selbstversorger in Industrie, Gewerbe und Haushalten	Grund- und Oberflächenwasser, Meerwasser	Wasserentnahme selbstversorgender Betrieb in Industrie und Gewerbe, mit Aufbereitung gemäss eigener Qualitätsansprüche, die auch geringer oder höher als Trinkwasserqualität sein können. Entnahme und Abfüllung von Mineralwasser. Entnahme zur Selbstversorgung von Haushalten und Gärten.
+ Thermische Kraftwerke und Raffinerien	Oberflächenwasser	Nutzung zur Kühlung nach Entkarbonisierung.

¹ <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm>, Information heruntergeladen im April 2008

3.2.3 Regionalisierung des Wasserstress-Indexes

Die FAO betreut die AQUASTAT Datenbank, in welcher für alle Länder unter anderem die jährlichen Volumina bezüglich Wasserangebot und Wasserentnahme berichtet werden (siehe Abbildung 1). Die aktuellsten, relativ vollständigen Informationen beziehen sich auf die Zeitperiode 1998 bis 2002. Die AQUASTAT Datenbank publiziert keine Daten auf der Ebene von Regionen (innerhalb einzelner Länder).

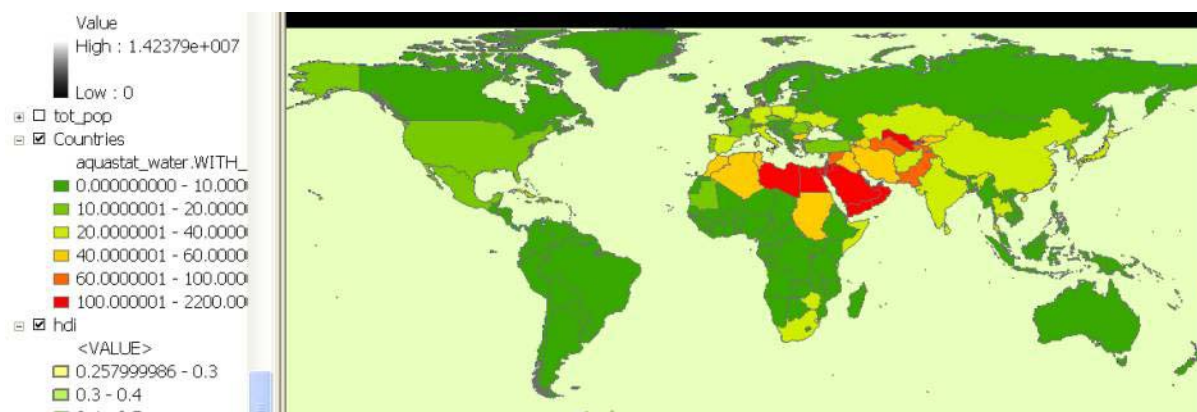


Abbildung 1 Wasserstress-Index der Länder im Jahresdurchschnitt; Die Farben zeigen den Wasserstress von grün (tief) bis rot (extrem) an.

Quelle: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbases/index.stm>, bearbeitet durch Stephan Pfister, ETHZ

Für regional aufgelöste Daten zu Wasserangebot und Wasserentnahme gibt es verschiedene Optionen. Die feinste regionale Auflösung bietet die Datenbank der University of New Hampshire, welche Indikatoren für das World Water Assessment Program der UNESCO aufbereitet und bereitstellt². Abbildung 2 zeigt die Situation bezüglich durchschnittlich jährlichem relativen Wasserstress (Indikator I4 der vorgenannten Datenbank) in einem globalen Überblick. Auf den ersten Blick wird erkennbar, dass die Regionen entweder einen tiefen bis moderaten (Indexwerte < 0.2) oder aber einen hohen bis extremen (Indexwerte > 0.4) Wasserstress-Index aufweisen. Hohe Index-Werte sind insbesondere in einigen Zuckerrohr-Anbaugebieten im Süden Brasiliens, im mittleren Westen Nordamerikas, in grossen Gebieten Chinas und Indiens sowie praktisch in ganz Australien zu beobachten. In den südostasiatischen Ländern Malaysia, Indonesien oder Philippinen ist auch auf regionaler Ebene ausschliesslich ein tiefer bis moderater Wasserstress-Index zu verzeichnen.

Darin zeigt sich, dass der Ort des Anbaus erneuerbarer Rohstoffe bezüglich der Bewertung der Wasserentnahme von zentraler Bedeutung sein kann.

² <http://wwdrii.sr.unh.edu/index.html>, Informationen heruntergeladen im April 2008

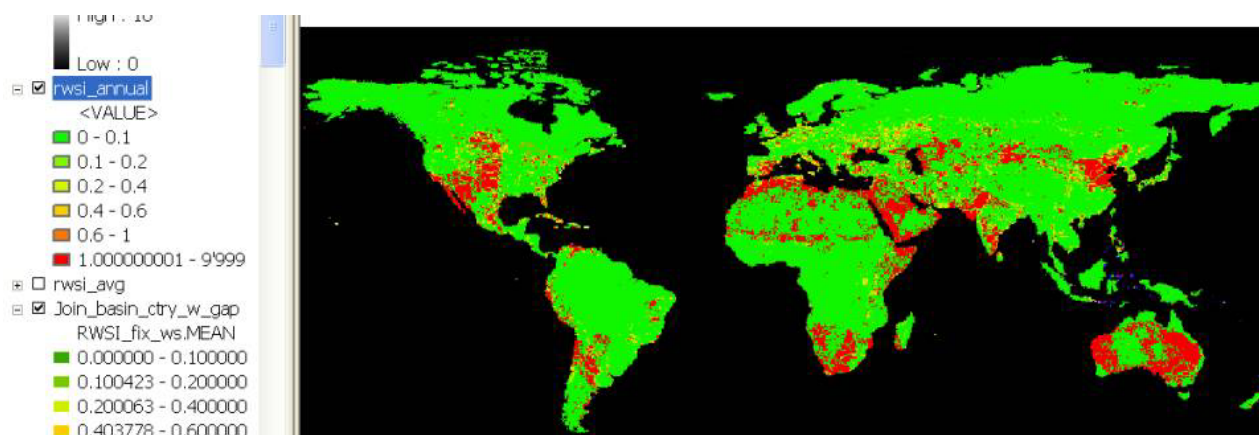


Abbildung 2 Wasserstress-Index im Jahresdurchschnitt; Quelle: <http://wwdrii.sr.unh.edu/>, bearbeitet durch Stephan Pfister, ETHZ

Allerdings ist die Zelleneinteilung unabhängig von den hydrologischen Verhältnissen, welche für die Effekte relevant sind. Zellen, in denen kein Wasserstress modelliert ist (weil keine Wasserentnahme stattfindet), können trotzdem unter grossem Wasserstress leiden (grosse Teile der Sahara, die in Abbildung 2 weiss sind). Aus diesen Gründen empfiehlt Stephan Pfister³ eine Quantifizierung des Wasserstress auf der Ebene der Wassereinzugsgebiete unter Berücksichtigung des Abflusses. Er empfiehlt eine ungewichtete Aggregation.⁴

In Abbildung 3 sind der Wasserstress-Index der Einzugsgebiete gezeigt bei einer ungewichteten Aggregation (Integration der Flächen pro Einzugsgebiet).

Die Unterschiede zwischen dem Wasserstress auf Zellenebene und demjenigen mit Bezug auf Wassereinzugsgebiete sind insgesamt recht gering. In Brasilien aber auch in Spanien zeigt sich beispielsweise eine ausgleichende Wirkung der Aggregation. Weite Teile Spaniens und die östlichen Gebiete Brasiliens weisen verbreitet einen "hohen" Wasserstress auf (siehe Abbildung 3). Werden die Zellen einzeln betrachtet (Abbildung 2), gibt es kleinere, teilweise auch isolierte Gebiete mit extremem Wasserstress, welche von Gebieten mit tiefem Wasserstress umgeben sind.

Im Vergleich zu einer Aggregation auf Länderebene zeigen sich deutlichere Unterschiede. So weist Brasilien auf Länderebene einen tiefen Wasserstress auf. Auch der Wasserstress von Ländern im Süden Afrikas wird als "tief" bis "mittel" eingestuft, währenddem bei der Betrachtung der Wassereinzugsgebiete in weiten Teilen ein "extremer" Wasserstress resultiert.

Die grünen Bereiche in der Sahara sind Gebiete, in denen es keinen Wasserabfluss gibt. Diese können als Gebiete mit extremem Wasserstress klassiert werden.

Die Daten des Wasserstress-Indikators auf Ebene Wassereinzugsgebiete wie von Stephan Pfister bereitgestellt und in Abbildung 3 gezeigt, werden für die Verwendung im Rahmen der Ökobilanzen zur Mineralöl-Steuerbefreiung empfohlen. Diese Daten können beispielsweise als Weltkarte (DIN A3) mit Koordinaten und eingezeichneten Landesgrenzen verfügbar gemacht werden oder als Datenlayer, der direkt in Google Earth⁵ dargestellt werden kann.

³ Doktorand am Lehrstuhl für ökologisches Systemdesign der ETH Zürich, <http://www.ifu.ethz.ch/ESD>

⁴ Eine Gewichtung nach Entnahme würde zu durchwegs erhöhten, eine Gewichtung nach Angebot zu tendenziell tieferen Wasserstress-Werten führen.

⁵ <http://earth.google.de/>, Software, die einen virtuellen Globus mit Kartenlayern bietet.

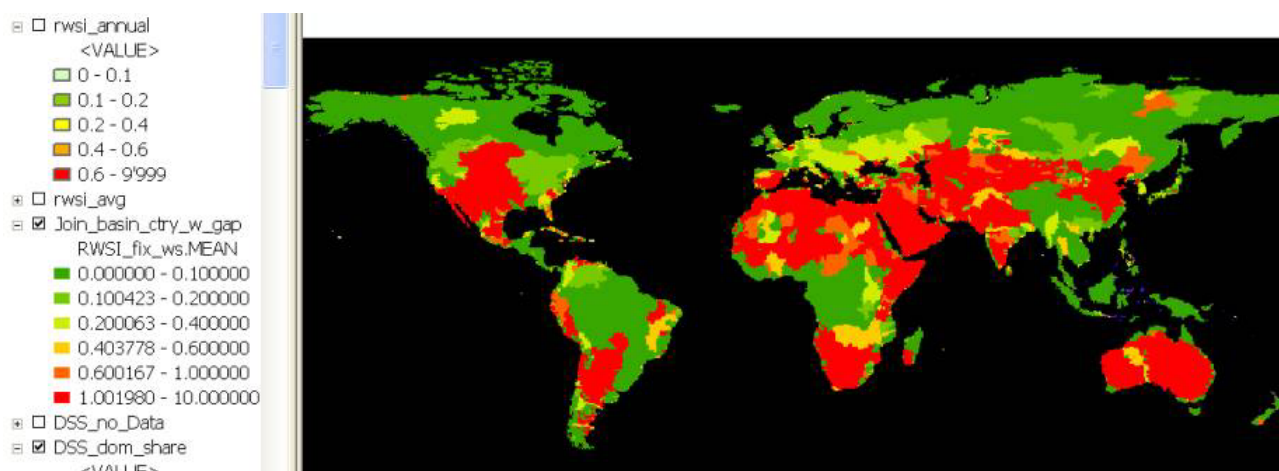


Abbildung 3 Wasserstress-Index im Jahresdurchschnitt zusammengefasst auf Einzugsgebiete der Flüsse; Berechnung: Stephan Pfister, ETHZ

4 Implementierung in Ökobilanz-Software

4.1 Einführung

Es wird vorgeschlagen die Wassernutzung nur für die Bewässerung in der Landwirtschaft regional zu erfassen. Alle anderen Wassernutzungen können mit durchschnittlichen Faktoren bewertet werden (siehe auch die Auswertungen in Kapitel 5). Falls sich bei der Erfassung anderer Wassernutzungen zeigt, dass z.B. bei der Verarbeitung zu Treibstoffen eine sehr hohe spezifische Wassernutzung (> 100 Liter pro kg Produkt) stattfindet, muss die Bewertung entsprechend ergänzt werden.

Die Regionalisierung der Ökofaktoren der Süßwasser-Entnahme zieht eine Anpassung der genutzten Ökobilanzdatenbanken und –Software mit sich. Die höchste Präzision in der Bewertung der Wasserknappheit würde erreicht, wenn jede Situation mit einem spezifischen Ökofaktor bewertet werden könnte. Um dies zu ermöglichen würde sich die Anzahl der Ressourceneinträge (in Spanien beispielsweise: Wasser, Katalonien; Wasser, Andalusien; Wasser, Extremadura; Wasser, Castilla-La Mancha; etc.) wie auch der Wasseraufbereitungsdatensätze (Bereitstellen von Trinkwasser, von entkarbonisiertem oder vollentsalztem Wasser) vervielfachen. Es geht hier also darum, die Erfassung des Wasserbedarfs zu vereinfachen, ohne dabei eine adäquate Bewertung der Wasserknappheit zu verlieren. Die kommerziellen Ökobilanz-Werkzeuge sind hierzu in drei Bereichen zu erweitern.

Erstens muss die Liste der Elementarflüsse um weitere regionale Wasser-Ressourcen ergänzt werden. Zweitens muss die Bewertungsmethode ökologische Knappheit 2006 um Ökofaktoren zu den neu definierten Elementarflüssen ergänzt werden. Und drittens müssen die technischen Prozesse der Wasserbereitstellung so ergänzt werden, dass für jede Kategorie der Wasserknappheit auch ein Datensatz der Wasserbereitstellung existiert. Dieser letzte Punkt, die Ergänzung der Sachbilanz-Datensätze ist für die Fragestellung einer differenzierten Bewertung der Wassernutzung durch Treibstoffe auf Basis erneuerbarer Rohstoffe nicht erforderlich. Er wird aber aus Gründen der Vollständigkeit trotzdem kurz beschrieben.

4.2 Ergänzung Elementarflüsse

Die Elementarflussliste der ecoinvent Datenbank beziehungsweise der Ökobilanz-Software wird um die in Tabelle 3 gezeigten zwölf Elementarflüsse ergänzt.

Tabelle 3 Neu zu definierende Elementarflüsse; Alle Flüsse sind der Kategorie / Unterkategorie "resource / in water" ("Ressource / im Wasser") zugeordnet

DS-ID	Name (Englisch)	Name (Deutsch)	Einheit
neu	water, ground-, low water stress	Grundwasser, tiefer Wasserstress	m ³
neu	water, ground-, moderate water stress	Grundwasser, moderater Wasserstress	m ³
neu	water, ground-, medium water stress	Grundwasser, mittlerer Wasserstress	m ³
neu	water, ground-, high water stress	Grundwasser, hoher Wasserstress	m ³
neu	water, ground-, very high water stress	Grundwasser, sehr hoher Wasserstress	m ³
neu	water, ground-, extreme water stress	Grundwasser, extremer Wasserstress	m ³
neu	water, surface, low water stress	Oberflächenwasser, tiefer Wasserstress	m ³
neu	water, surface, moderate water stress	Oberflächenwasser, moderater Wasserstress	m ³
neu	water, surface, medium water stress	Oberflächenwasser, mittlerer Wasserstress	m ³
neu	water, surface, high water stress	Oberflächenwasser, hoher Wasserstress	m ³
neu	water, surface, very high water stress	Oberflächenwasser, sehr hoher Wasserstress	m ³
neu	water, surface, extreme water stress	Oberflächenwasser, extremer Wasserstress	m ³
alt	water, well, in ground	Wasser, Grund-	m ³
alt	water, lake	Wasser, See-	m ³
alt	water, river	Wasser, Fluss-	m ³

4.3 Ergänzung Bewertungsfaktoren

In den Bewertungsmethoden, welche die Wasserentnahme bewerten, muss den in Tabelle 3 aufgeführten Elementarflüssen neu ein Bewertungsfaktor gemäss Tabelle 1 zugeordnet werden.

Für den ecoinvent Datenbestand v2.01 empfehlen Frischknecht et al. (2008) für alle Wassernutzungen einen durchschnittlichen Bewertungsfaktor von 97 UBP'06/m³. Dieser Durchschnittswert wurde mit den für OECD Länder verfügbaren Daten berechnet.

Fossiles Wasser stellt einen Spezialfall dar. Es handelt sich dabei um Wasser, das nicht in den atmosphärischen Wasserkreislauf eingebunden ist und deshalb nicht regeneriert wird. Für fossiles Wasser schlagen wir deshalb vor, den Ökofaktor gemäss extremem Wasserstress einzusetzen.

Tabelle 4 Ökofaktoren der neu zu definierenden Elementarflüsse; Alle Flüsse sind der Kategorie / Unterkategorie "resource / in water" ("Ressource / im Wasser") zugeordnet

DS-ID	Name (Englisch)	Ökofaktor	Einheit
neu	water, ground-, low water stress	24	UBP/m ³
neu	water, ground-, moderate water stress	220	UBP/m ³
neu	water, ground-, medium water stress	880	UBP/m ³
neu	water, ground-, high water stress	2'400	UBP/m ³
neu	water, ground-, very high water stress	6'200	UBP/m ³
neu	water, ground-, extreme water stress	22'000	UBP/m ³
neu	water, surface, low water stress	24	UBP/m ³
neu	water, surface, moderate water stress	220	UBP/m ³
neu	water, surface, medium water stress	880	UBP/m ³
neu	water, surface, high water stress	2'400	UBP/m ³
neu	water, surface, very high water stress	6'200	UBP/m ³
neu	water, surface, extreme water stress	22'000	UBP/m ³
alt	water, well, in ground	97	UBP/m ³
alt	water, lake	97	UBP/m ³
alt	water, river	97	UBP/m ³

4.4 Ergänzung Sachbilanzdatensätze

Da lediglich die Wasserentnahme in der Landwirtschaft regional differenziert erfasst und bewertet werden soll, genügen die in den Absätzen 4.2 und 4.3 beschriebenen Anpassungen. Trotzdem beschreiben wir im Sinne eines Ausblicks nachstehend auch die erforderlichen Anpassungen an Sachbilanz-Datensätzen im Zusammenhang mit der Wassernutzung in industriellen Prozessen und in den Haushalten. Diese Anpassungen können aber losgelöst von der Treibstoff-Ökobilanzverordnung implementiert werden.

Der ecoinvent Datenbestand v2.01 enthält Datensätze zur Bereitstellung von Wasser verschiedener Qualität. Für die drei in Tabelle 5 gezeigten Datensätze werden neu zusätzlich je sechs Varianten bereitgestellt, bei denen der Bedarf an Wasserressourcen entsprechend den neuen Wasserstress-Kategorien verbucht wird. Hierzu werden die neu definierten Elementarflüsse gemäss Tabelle 3 verwendet. Zusätzlich schlagen wir vor, einen Datensatz zur Meerwasserentsalzung neu aufzunehmen.⁶

⁶ Dies hat streng genommen nichts mit der Knappheit der Süsswasser-Ressourcen und deren Bewertung zu tun. Es handelt sich aber um einen energieintensiven Prozess, der in den Sachbilanzen zu berücksichtigen ist, bei denen Wasser aus Meerwasser gewonnen wird.

Tabelle 5 Beispiele für Sachbilanzdatensätze der Wasserbereitstellung, die differenziert nach den Kategorien Wasserstress-Index tief, moderat, mittel, hoch, sehr hoch und extrem bereit zu stellen sind.

DS-ID	Name (Englisch)	Ort	Einheit
#165	irrigating	CH	ha
#2288	tap water, at user	RER	kg
#2290	water, completely softened, at plant	RER	kg
#2291	water, decarbonised, at plant	RER	kg
neu	irrigating, low water stress	GLO	ha
neu	tap water, low water stress, at user	RER	kg
neu	water, completely softened, low water stress, at plant	RER	kg
neu	water, decarbonised, low water stress, at plant	RER	kg
	etc., für alle übrigen Wasserstress-Kategorien		
neu	water, desalinated, from seawater	GLO	kg

5 Relevanz des Wasserbedarfs bei der Bereitstellung und Nutzung von Treibstoffen

In diesem Kapitel wird die Bedeutung des Wasserbedarfs für die Bereitstellung und Nutzung von fossilem Benzin und von Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe untersucht.

5.1 Relevanz des Wasserbedarfs bei fossilem Benzin

Abbildung 4 zeigt die Gesamtumweltbelastung der Nutzung von 1 kg bleifreiem Benzin in einem Pkw unter Verwendung des durchschnittlichen Ökofaktors von 97 UBP pro m³ Wasser für alle Wassernutzungen. Mit dieser Bewertung trägt die Wassernutzung weniger als 1 Promille zum Gesamtergebnis bei.

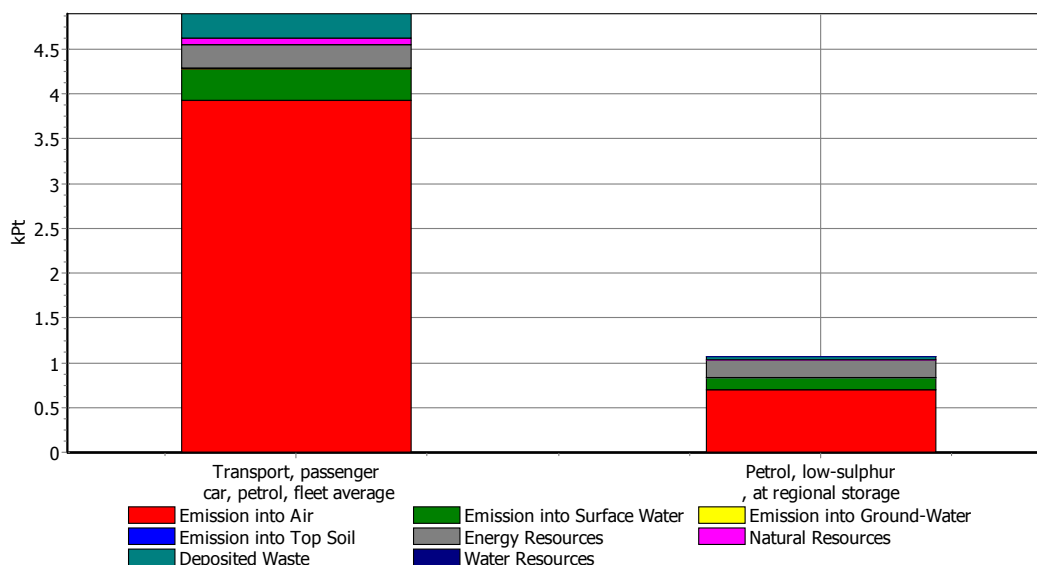


Abbildung 4 Umweltbelastung der Herstellung und Nutzung von schwefelarmen Benzin, bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006; Wasserentnahme mit Ökofaktor für OECD Durchschnitt bewertet; Angaben pro kg Benzin ab Tankstelle

In einer Sensitivitätsbetrachtung wird angenommen, dass die Wasserentnahme ausschliesslich in wasserarmen Regionen stattfindet. Deshalb werden alle Wassernutzungen mit dem Ökofaktor für extremen Wasserstress bewertet. In diesem Fall ist der Beitrag der Wassernutzung mit 15 % zur Gesamtumweltbelastung durchaus signifikant. Es ist also zu untersuchen, wo diese Wassernutzungen für in der Schweiz genutzte Personenwagen vor allem stattfinden.

Die durch den Betrieb von Personenwagen verursachte Wassernutzung wurde detailliert analysiert. Die Wassernutzungen stammen zu je einem Drittel aus der Bereitstellung von Benzin, aus der Herstellung des Personenwagens sowie aus den übrigen Prozessen (hier vor allem aus dem Strassenunterhalt).

Bei der Herstellung des Benzins ist vor allem der Kühlwasserbedarf in der Raffinerie von Bedeutung. Die Förderung des Erdöls, vor allem die Förderung in Russland und im Mittleren Osten, trägt etwa 10 % zur Gesamtwassernutzung bei. Der Mittlere Osten ist eine Region mit verbreitet erhöhtem Wasserstress.

Bei der Herstellung des Personenwagens sind der Stromverbrauch und die Herstellung von Metallen wesentliche Faktoren, die den Wasserbedarf bestimmen. Bei der Metallgewinnung und -veredelung wären umfangreichere Abklärungen notwendig, um präzise sagen zu können, wo diese Prozesse stattfinden.

Bei den übrigen Prozessen ist der Strassenunterhalt und hier wiederum der Stromverbrauch besonders wichtig bezüglich Wasserbedarf. Die Elektrizität wird mehrheitlich in der Schweiz erzeugt.

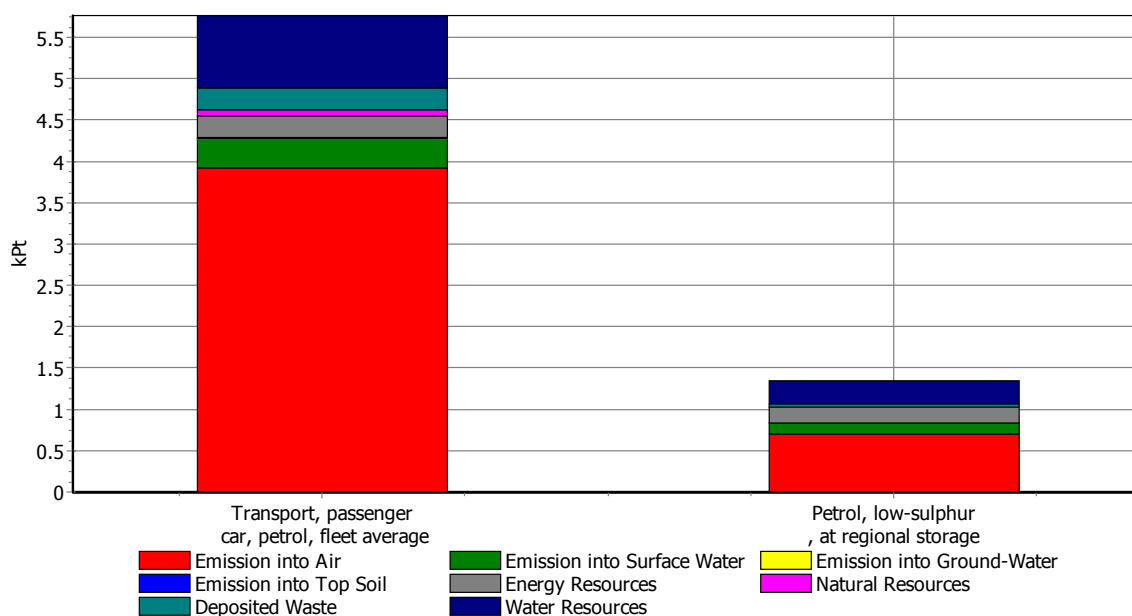


Abbildung 5 Umweltbelastung der Herstellung und Nutzung von schwefelarmem Benzin, bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006; Wasserentnahme mit Ökofaktor für extremen Wasserstress bewertet; Angaben pro kg Benzin ab Tankstelle

Abbildung 6 zeigt den Anteil verschiedener Wasserressourcen an der Gesamtbewertung. Kühlwasser macht etwa 61 % der gesamten Wassernutzung aus. Das Kühlwasser wird vor allem in Raffinerien, thermischen Kraftwerken, aber auch bei der Metallproduktion verwendet. Flusswasser trägt 18 % bei und wird vor allem für die Bereitstellung von entkarbonisiertem Wasser in Kraftwerken benötigt.

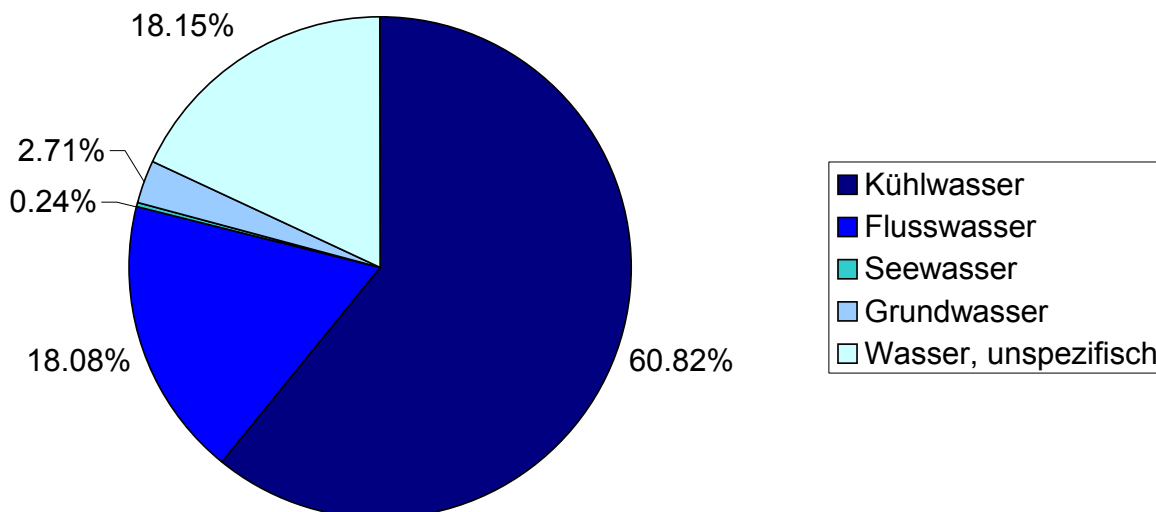


Abbildung 6 Anteil verschiedener Wasserressourcen bei der Nutzung von schwefelarmem Benzin in einem Pkw.

Für alle Prozesse in Europa kann wohl eher von einem maximal moderaten Wasserstress (Bewertungsfaktor 220 $\text{UBP}'06/\text{m}^3$) ausgegangen werden. Vor allem für die Erdölförderung (10 % des Beitrags Wasserressource) und die Metallbereitstellung (etwa 15 %) muss eventuell mit höheren Bewertungsfaktoren gerechnet werden.

Die durch das Fahren eines Benzinfahrzeugs verursachte Wassernutzung verteilt sich auf eine Vielzahl von Prozessen. Es wäre nur mit erheblichem Aufwand möglich, für all diese Prozesse die Wassernutzung in der in Kap. 3 vorgeschlagenen Art und Weise regionalisiert zu erfassen beziehungsweise zu bewerten. Die Gesamtumweltbelastung ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten 2006 würde dadurch kaum merklich beeinflusst. Selbst mit einer Erhöhung des Ökofaktors vom OECD Durchschnitt auf einen moderaten Wasserstress (220 statt 97 $\text{UBP}'06/\text{m}^3$) bleibt der Beitrag der Wassernutzung am Gesamtergebnis deutlich unterhalb von 1 %. Für konventionelle Treibstoffe kann deshalb auf eine regionale Differenzierung des Sachbilanzmodells verzichtet werden.

5.2 Relevanz des Wasserbedarfs bei Treibstoffen auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe

Die Relevanz des Wasserbedarfs wird für bereits bilanzierte Treibstoffe auf Basis erneuerbarer Rohstoffe (Jungbluth et al. 2007) abgeschätzt, indem die gesamte Wassernutzung wiederum so bewertet wird, als ob sie in Regionen mit extremem Wasserstress stattfinden würden.

Abbildung 7 zeigt das Bewertungsergebnis für eine Reihe von Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe. Auch bei dieser Maximalbewertung spielt der Wasserbedarf bezogen auf das Gesamtergebnis in den meisten Fällen keine grosse Rolle. Dabei gibt es folgende Ausnahmen: Für Palmmethylester aus Malaysia wird von einer Bewässerung der Palmplantagen ausgegangen. Mit dem maximalen Bewertungsfaktor verursacht die Wassernutzung 60 % der Gesamtumweltbelastung. Malaysia hat gemäss WWDR II generell tiefe Wasserstress-Indexwerte mit Ausnahme von Gebieten nahe der Nordgrenze und an der Westküste.

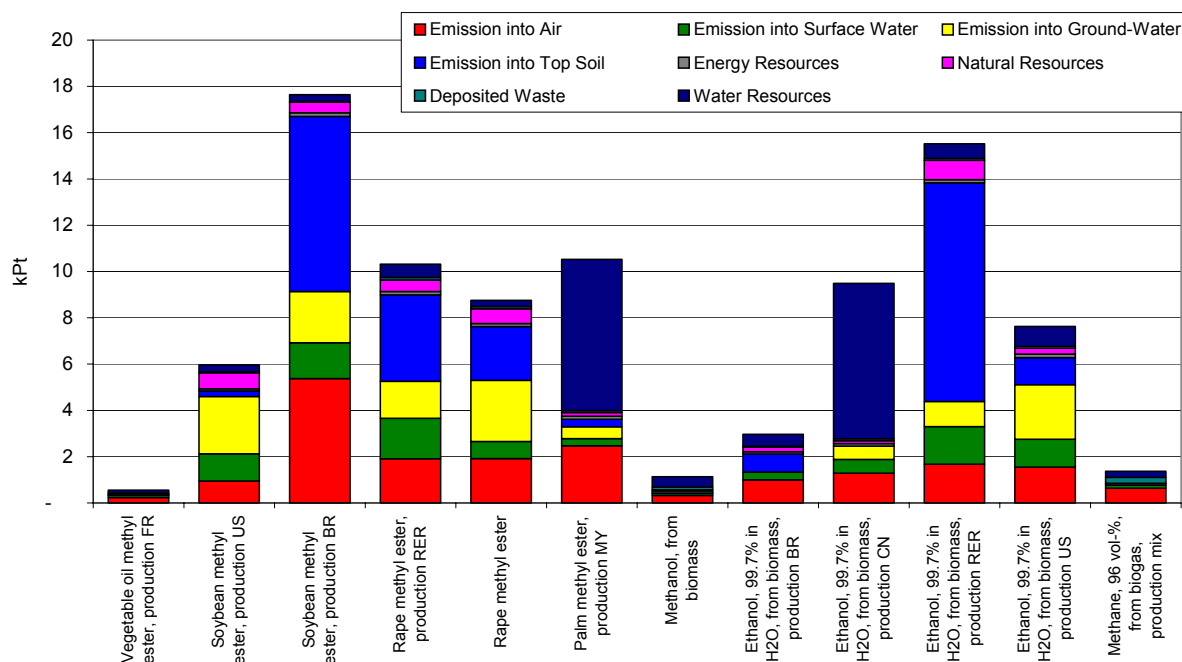


Abbildung 7 Bewertung der Umweltbelastungen der Herstellung und Nutzung von Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe; Wasserentnahme mit Ökofaktor für extremen Wasserstress bewertet; Angaben pro kg Treibstoff ab Tankstelle

Bei Ethanol aus Chinesischer Zuckerhirse ist die Bewässerung für 92 % der Wassernutzung verantwortlich und auch bei US Ethanol kann der Wasserbedarf vor allem auf die Bewässerung zurückgeführt werden. Bei beiden Produkten führt eine maximale Bewertung zu deutlich höheren Belastungen. Im Landesdurchschnitt weisen China und die USA mit 0.223 beziehungsweise 0.157 einen mittleren beziehungsweise moderaten Wasserstress auf (siehe Tabelle 1 bezüglich des daraus ableitbaren Ökofaktors). Es gibt allerdings in beiden Ländern grosse regionale Unterschiede.

Beim Methanol aus Holz sind die anderen Umweltbelastungen vergleichsweise gering und deshalb der maximale Anteil der Wassernutzung vergleichsweise hoch. Hier kann kein spezifischer Prozess im Lebenszyklus identifiziert werden, der bezüglich Wassernutzung eine besondere Bedeutung hätte.

Die Ergebnisse dieser Auswertung lassen den Schluss zu, dass bei Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe vor allem eine Bewässerung in der landwirtschaftlichen Produktion der Rohstoffe das Ergebnis massiv beeinflussen kann. Alle anderen Wassernutzungen im Lebenszyklus haben gemäss den bisher vorliegenden Daten selbst bei maximalem Ökofaktor keinen grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

6 Sachbilanz mit regionalisierten Ökofaktoren

6.1 Einführung

Gemäss derzeitigem Entwurf der Treibstoff-Ökobilanzverordnung (2008) wird die Ökobilanz mit der folgenden Arbeitsteilung durchgeführt. Der Importeur, Lieferant beziehungsweise Hersteller eines Treibstoffes auf Basis erneuerbarer Rohstoffe stellt die produktspezifischen Informationen in einem amtlichen Formular zusammen. Ein auf Ökobilanzen spezialisiertes

Beratungsunternehmen verarbeitet die Informationen und erstellt eine Sachbilanz im EcoSpold Format. Auf Grundlage dieser Sachbilanz ermittelt das BAFU die Gesamtumweltbelastung (und die Klimawirkung) des analysierten Treibstoffs und fasst seine Beurteilung in einem Bericht zuhanden der Oberzolldirektion zusammen.

Nachfolgend werden diejenigen Informationen spezifiziert, die von den Importeuren, Lieferanten beziehungsweise Herstellern von Treibstoffen, die von der Mineralölsteuer befreit werden wollen, bereit gestellt werden müssen. Die übrigen Fragen, die im Rahmen der Mineralölsteuer-Befreiung zu beantworten sind, sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

6.2 Datenbedarf zur Einstufung gemäss Wasserstress-Index und zur Erfassung der Wassernutzung

Mit den in Kapitel 3 spezifizierten Informationen können Sachbilanzen und darauf aufbauend auch Ökobilanzen gerechnet werden, die der unterschiedlichen Knappheit der Süsswasser-Ressourcen Rechnung tragen.

Für eine adäquate Bewertung der Wasserentnahme bei Anbau, Verarbeitung und Konversion von Treibstoffen auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe werden auf Basis der in Kapitel 5 dokumentierten Analyseergebnisse die folgenden Informationen benötigt (Hinweise auf den entsprechenden Paragraphen des Entwurfs der Treibstoff-Ökobilanzverordnung (2008) in Klammern):

- Koordinaten (Längen- und Breitengrad) der Agrarflächen zum Anbau der Rohstoffe (siehe Art. 4, Ziffer a.)
- Menge des für den landwirtschaftlichen Anbau genutzten Grund- und Oberflächenwassers (gemäss Tabelle 2).
- Herkunft des Wassers beim Anbau der Rohstoffe (Grundwasser, Oberflächenwasser, Meerwasser-Entsalzungsanlage, Art. 4 Ziffer g.)

Falls die Wassernutzung industrieller Prozesse ebenfalls differenzierter erfasst werden sollte, muss die erforderliche Aufbereitung spezifiziert werden (keine Aufbereitung, Sandfilter, Uferfiltrat, Entkarbonisierung, Chlorung, Ozonierung, Enteisung, Entsalzung).

Die geographische Lokalisierung (mittels Längen- und Breitengrad) des Anbaugbietes hilft bei der Einstufung der Intensität der Wasserbeanspruchung in einer bestimmten Region. Dazu soll das in Abschnitt 3.2.3 beschriebene und in Abbildung 3 gezeigte GIS-File basierend auf dem World Water Assessment Program genutzt werden. Die Unterscheidung verschiedener Süsswasserquellen ist derzeit bewertungsseitig nicht von Bedeutung. Wichtig ist die Angabe ob und in welchen Mengen Wasser aus Meerwasser-Entsalzungsanlagen stammt.⁷ In den beiden Spalten "Menge" und "Einheit" wird angegeben, wie viel Wasser bezogen auf welche Bezugsgrösse beim landwirtschaftlichen Anbau benötigt wird.

⁷ Meerwasser ist zwar nicht knapp. Das Entsalzen von Meerwasser ist aber ein energieintensiver Prozess der in der normalen Sachbilanz zu erfassen ist. Die Wasserentnahme braucht hingegen nicht bilanziert zu werden.

Tabelle 6 Beispiel eines ausgefüllten Fragebogens zum Wasserbedarf beim Anbau der Biomasse zur Herstellung von Treibstoffen auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe

Anbau					
	Längengrad von: bis:		Breitengrad von: bis:		
Nr.	Wasserquelle	Aufbereitung	Nutzung	Menge	Einheit
1	Grundwasser	keine	Bewässerung	2'000	m3/ha
2	Oberflächenwasser	keine	Bewässerung	5'000	m3/ha
3	Meer	Entsalzung	Bewässerung	500	m3/ha
4					

Mit diesen Angaben ist es möglich, einen regionalisierten Wasserbedarf entlang der Bereitstellungskette von Treibstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe mit genügender Genauigkeit zu modellieren und zu bewerten.

7 Literatur

- Frischknecht et al. 2008 Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008) Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. 28/2008. Bundesamt für Umwelt (BAFU), ÖBU Schweizerische Vereinigung für ökologisch bewusste Unternehmungsführung, Zürich und Bern, from www.esu-services.ch/ubp06.
- Jungbluth et al. 2007 Jungbluth N., Chudacoff M., Dauriat A., Dinkel F., Doka G., Faist Emmenegger M., Gnansounou E., Kljun N., Schleiss K., Spielmann M., Stettler C. and Sutter J. (2007) Life Cycle Inventories of Bioenergy. ecoinvent report No. 17, v2.0. ESU-services, Uster, CH, from www.ecoinvent.org.
- MinöStV 2008 MinöStV (2008) Mineralölsteuerverordnung: Änderung vom 30. Januar 2008 (Vorabdruck). In: *Schweizer Bundesrat*, Switzerland.
- OECD 2004 OECD (2004) Key environmental indicators. OECD Environment Directorate, Paris, retrieved 16.06.2005 from <http://www.oecd.org/dataoecd/32/20/31558547.pdf>.
- Treibstoff-Ökobilanzverordnung 2008 Treibstoff-Ökobilanzverordnung (2008) Verordnung des UVEK über den Nachweis der positiven ökologischen Gesamtbilanz von Treibstoff aus erneuerbaren Rohstoffen (vertraulicher Entwurf). In: *Eidg. Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)*, Switzerland.
- United Nations 1997 United Nations (1997) Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. E/CN.17/1997/9. United Nations, Economic and Social Council, Commission on Sustainable Development, New York, retrieved May 14, 2008 from <http://daccess-ods.un.org/access.nsf/Get?OpenAgent&DS=E/CN.17/1997/9&Lang=E>.