

## Wasserkreislauf

Wasser ist nicht nur das wichtigste Lebensmittel, es wird auch im Haushalt, für die Landwirtschaft und die Industrie benötigt. Der weltweite Wasserbedarf steigt, denn die Weltbevölkerung wächst – und ihre Konsumbedürfnisse nehmen zu. Das kann die Konkurrenz um das Wasser in manchen Regionen verschärfen. Gleichzeitig führt der Klimawandel zu Veränderungen im globalen Wasserhaushalt.

Eigentlich ist Wasser auf der Erde im Überfluss vorhanden – insgesamt mehr als 1,3 Milliarden Kubikkilometer. Doch nur ein geringer Teil davon ist als Trinkwasser nutzbar. Rund 97 % der globalen Wasservorräte sind Salzwasser, nur 2,6 % Süßwasser. Im Gegensatz zu anderen wichtigen Rohstoffen - wie Kohle oder Erdöl - kann die Ressource Wasser auf der Erde zwar nicht „aufgebraucht“ werden, da Wasser Teil eines recht schnellen Kreislaufs ist. Was sich aber sehr wohl verringern kann, ist die Menge des sauberen Wassers.

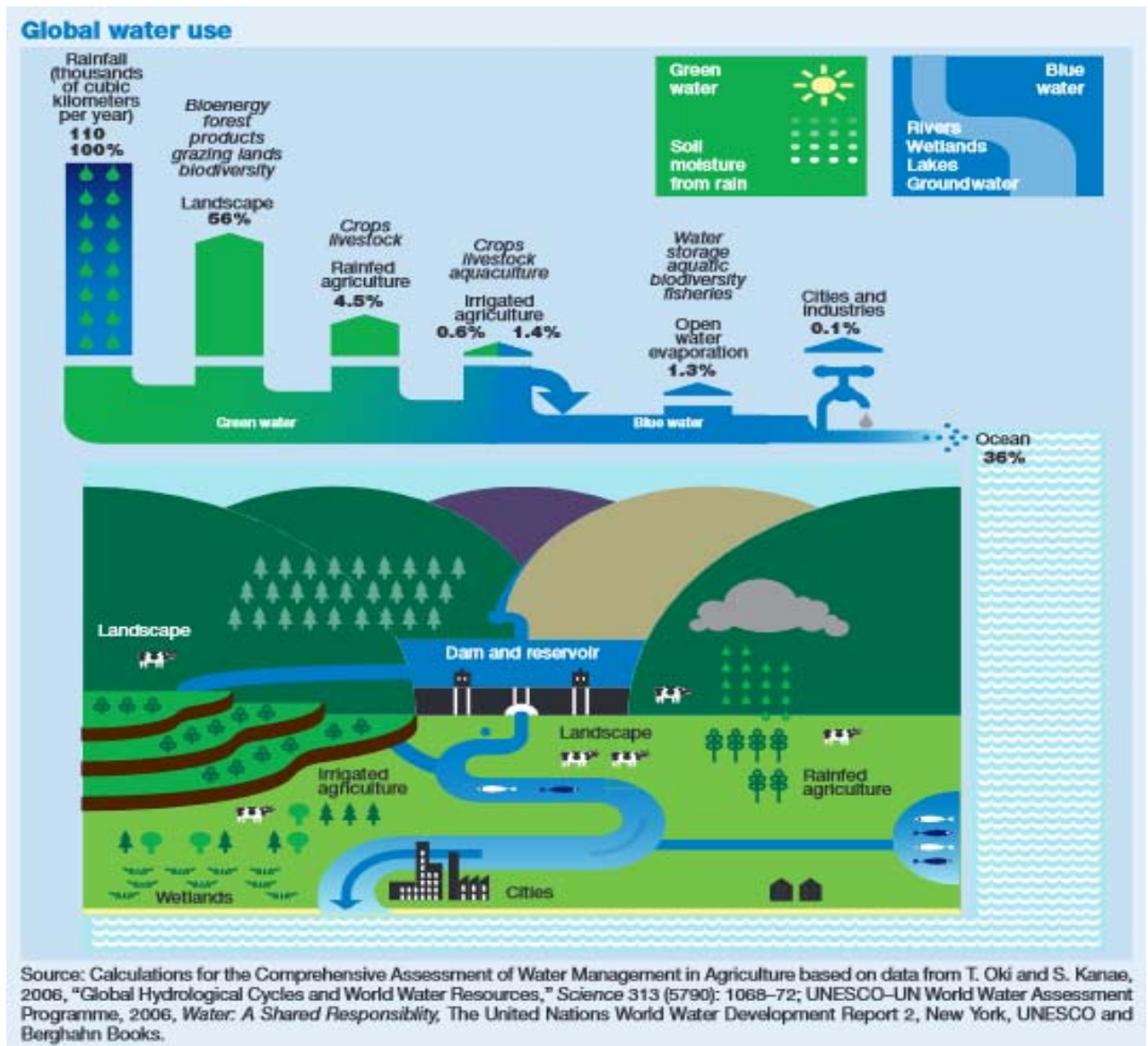


Diagramm des Wasserkreislaufs, The Water Cycle, German

Die Gebrauchsmenge des nutzbaren, sauberen Wassers ist bereits heute fast erreicht. Deshalb muss das benutzte Wasser vollständig gereinigt wieder in den Umlauf gelangen. Aber in vielen Regionen werden die Wasservorräte stärker genutzt, als dauerhaft verträglich ist. Weltweit ist ein Drittel der größten Grundwassersysteme bedroht.

## Wasserverfügbarkeit

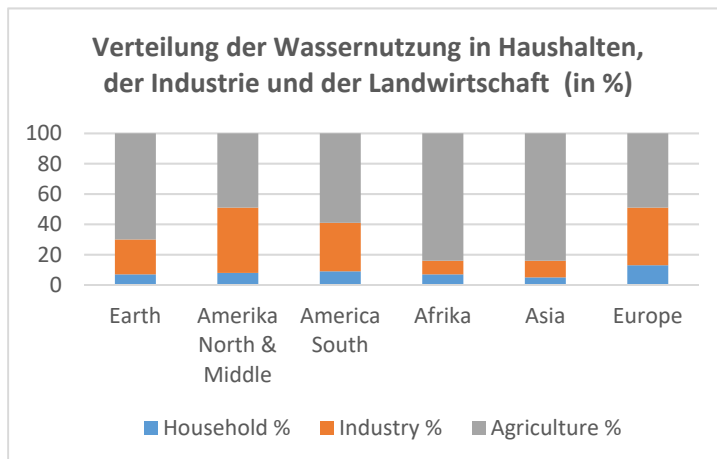
Wasser ist zwar eine erneuerbare Ressource – aber nicht überall in ausreichender Menge und Qualität zu allen Zeiträumen verfügbar. In Gebieten mit wenig Niederschlägen limitiert der Wassermangel die landwirtschaftlichen Erträge ebenso wie ein klimatisch bedingtes Zuviel daran. Beregnung und Bewässerung setzt das Vorhandensein von Grundwasser bzw. Oberflächenwasser aus Flüssen oder Seen voraus. Technische Produktionsprozesse aber auch Dienstleistungen aller Art benötigen Wasser in vielfältiger Form. Jede Verwendung hat immer eine Verunreinigung des Wassers zur Folge und führt in der natürlichen Vegetation zum Wasserverlust.



Für eine Bewertung des direkten und des indirekten Wasserverbrauchs ist die lokale Verfügbarkeit von Wasser entscheidend. Ein hoher Wasserfußabdruck in wasserreichen Regionen ist weniger problematisch als in wasserarmen Regionen oder in Wüstengebieten. Ist der Wasserfußabdruck zu groß, müssen Maßnahmen erfolgen. Eine Lösung ist eine gezielte Veränderung des Verbrauchs und/oder der Produktionsbedingungen.

## Wassernutzung

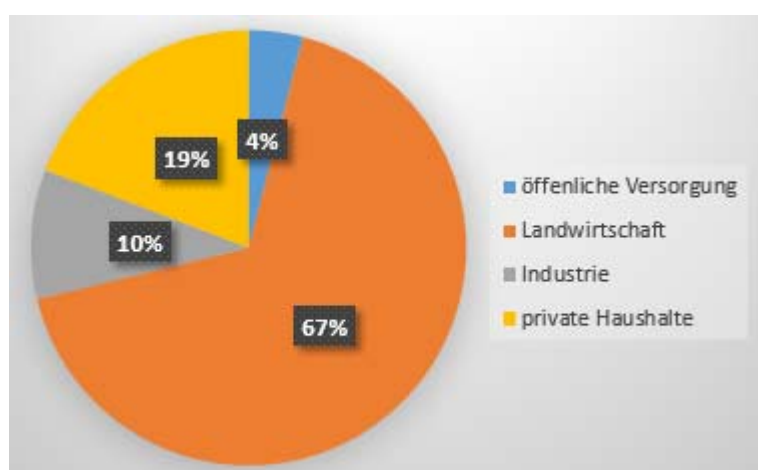
Der menschliche Bedarf an Wasser hat sich in den vergangenen 100 Jahren versechsfacht, und er wird weltweit steigen, so der Weltwasserbericht 2018 der Vereinten Nationen. Es gibt viele Gründe für den Anstieg. Der Wasserbedarf hängt vor allem mit dem Bevölkerungswachstum, der wirtschaftlichen Entwicklung und Veränderungen von Konsummustern zusammen. Nach Schätzungen der UN werden 2050 zwischen 9,4 und 10,2 Milliarden Menschen auf der Erde leben. In diesem Zeitraum wird gleichzeitig ein Wachstum der weltweiten Wirtschaftsleistung um den Faktor 2,5 erwartet.



Water Use	Household	Industry	Agriculture
	%	%	%
Earth	7	23	70
Amerika North & Middle	8	43	49
Amerika South	9	32	59
Afrika	7	9	84
Asia	5	11	84
Europe	13	38	49

Nahrungsmittel und andere landwirtschaftliche Produkte haben mit 86 % den höchsten Anteil am weltweiten Wasserbedarf. Der allergrößte Teil entfällt davon auf die Bewässerung. Der Anteil der landwirtschaftlichen Flächen, die weltweit bewässert werden, hat sich seit den 1960er-Jahren mehr als verdoppelt. Das hat – neben der zunehmenden Mechanisierung – dazu beigetragen, dass die Produktivität der Landwirtschaft seit 1950 um den Faktor 2,5 bis 3 gestiegen ist.

Die Industrie inklusive der Energieproduktion und private Haushalte haben im Vergleich zur Landwirtschaft einen deutlich geringeren Anteil am weltweiten Wasserbedarf. Der Anteil der privaten Haushalte liegt bei nur etwa zehn, der Anteil der Industrie nur bei 20 Prozent des weltweit benötigten Wassers.

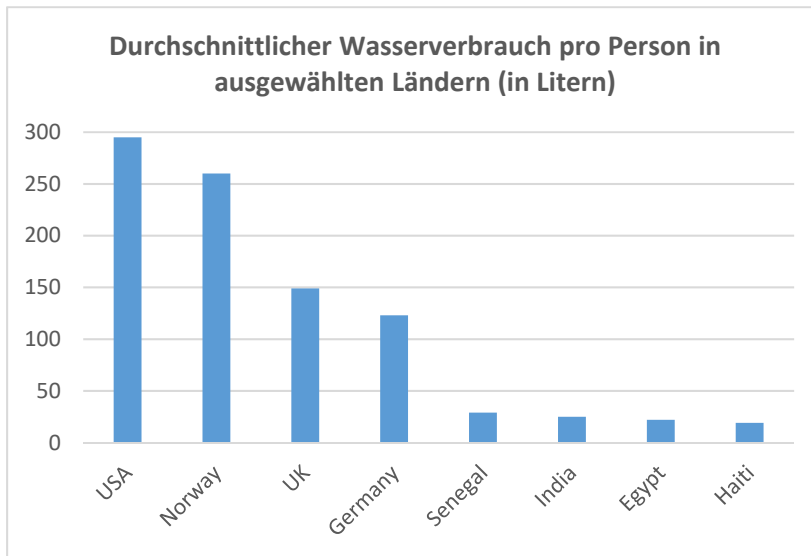


Der Wasserfußabdruck von Deutschland

Quellen: <http://www.waterfootprint.org/en/> | <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserfußabdruck#textpart-3>  
<http://www.nature.com/articles/srep09306> | <http://www.nature.com/articles/ncomms6012> | <http://www.nature.com/articles/s41598-017-04182-x>

### AB 1 Kenndaten zum persönlichen Wasserverbrauch

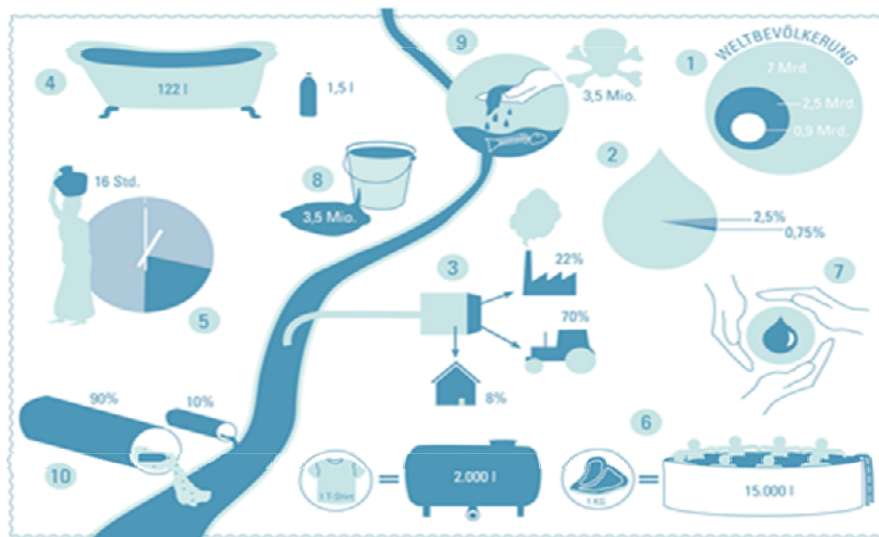
Der persönliche tägliche Wasserbedarf variiert je nach Verfügbarkeit in ausgewählten Ländern sehr stark. In Deutschland werden knapp 120 Liter Wasser täglich zum Waschen, kochen oder Zähneputzen verbraucht. Hinzu kommen allerdings noch etwa 4000 Liter „virtuelles“ Wasser für die Produktion von Kleidung, Lebensmittel, Energie und Mobilität.



Water Use	daily per person
	Liters
USA	295
Norway	260
UK	149
Germany	123
Senegal	29
India	25
Egypt	22
Haiti	19

Mit dem Water Footprint Calculator kann der **persönliche Fußabdruck** berechnet werden:

<https://www.watercalculator.org/wfc2/g/household/>



Das Wasserquiz  
Illustrationen für Greenpeace (SRN)

Ein Wasserquiz gibt Informationen zum täglichen Wasserverbrauch.

Quellen: <http://www.waterfootprint.org/en/>

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserfußabdruck#textpart-3>

Wasserquiz: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 3/2013, Creative Commons-Lizenz CC-BY-NC-SA 3.0  
<https://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/das-wasser-muss-fuer-alle-reichen/> | <https://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/das-wasser-der-welt-eine-geteilte-ressource/>

## AB 2 Kenndaten zum Wasserverbrauch ausgewählter Lebensmittel

Wasser, insbesondere sauberes Trinkwasser, wird weltweit vermehrt als knappes und wertvolles Gut wahrgenommen. Wasser wird nicht nur zum Kochen oder Waschen verbraucht, sondern auch in großen Mengen bei der Herstellung von Produkten und Lebensmitteln. Die Herstellung eines Baumwoll-T-Shirts benötigt etwa 3.000 L Wasser, die Herstellung eines Autos annähernd 200.000 L Wasser. Für die Produktion einer Salatgurke werden 141 Liter Wasser benötigt, in einem Kilogramm Rindfleisch stecken etwa 16.000 L

In jedem Produkt steckt folglich auch indirekt eine gewisse Menge Wasser. Dieses sogenannte „virtuelle“ Wasser wird auch als Wasserfußabdruck bezeichnet und ist ein Indikator für die Nutzung der Ressource (Süß)Wasser.

Wie viel Wasser steckt in unseren Lebensmitteln?

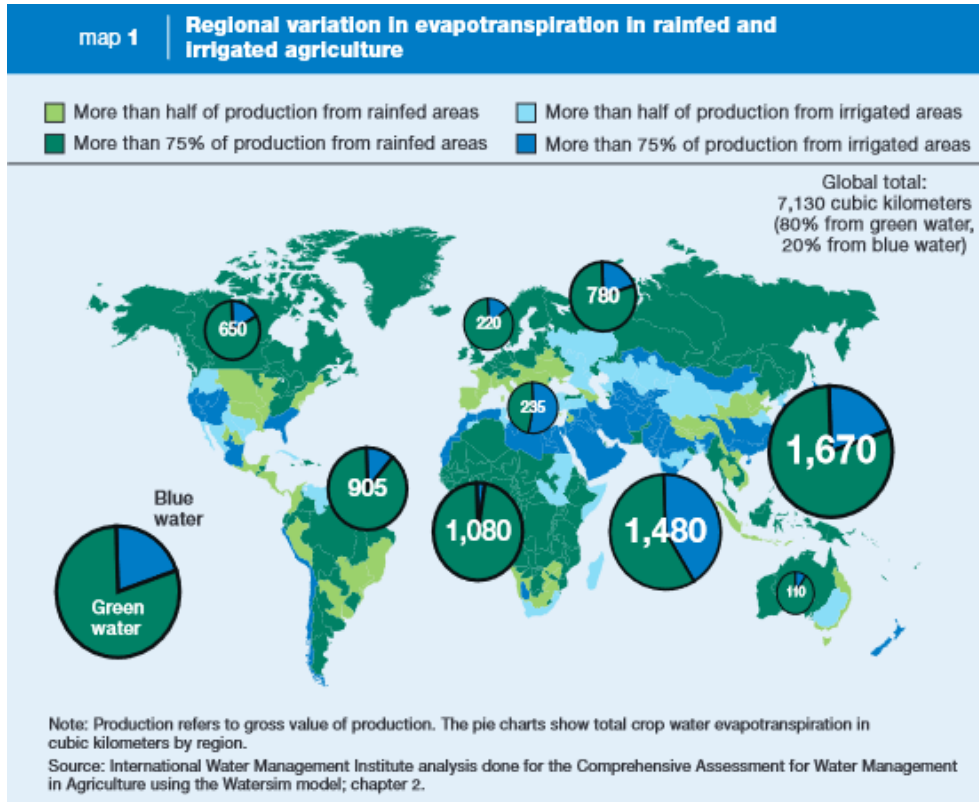
Produkt	Anzahl	Gewicht [g]	Wasser [L]	Produkt	Anzahl	Gewicht [g]	Wasser [L]
Apfelkuchen		700	1412	Milch Fettarm		1000	1020
Apfelmus		600	493	Milch Voll		1000	1054
Baguette	1	400	643	Milchreis		1000	1530
Ei	1	50	163	Olivenöl		100	1443
Eis		1000	1903	Orange	1	150	84
Erdbeeren		500	173	Paprika	1	200	76
Erdnussbutter		160	1205	Pfannkuchen		800	2024
Erdnüsse		60	238	Pitabrot klein	4	400	643
Geschnetzeltes		1000	10412	Pizzateig	4 Portionen	325	522
grüne Bohnen		800	438	Pommes TK		1000	574
Gurke		400	141	Pudding		1000	1186
Hack 1/2 & 1/2		200	2140	Reis		80	193
Hamburger Patties	4	400	6166	Rinderhack		400	6166
Joghurt		200	237	Salami		200	1248
Karoffeln		1000	287	Schinken		200	865
Käse (Gouda)		200	636	Schlagsahne		250	475
Käse gerieben		120	607	Schokopudding		1000	1186
Kirschquark		200	237	Sellerie		200	77
Knoblauchsoße		250	930	Sirup		100	22
Kopfsalat		200	47	Sojasprossen		80	172
Macaroni		400	740	Sonnenblumenöl		400	2717
Margarine		80	543	Spinat		1600	467
Marmelade		80	218	Tomate	1	100	21
Mayonnaise		250	1732	Veggie Burger Patties	4	400	1505
Mehl		1000	1849	Würste	4	400	2395
Möhren		1500	293	Zucker		80	11
				Zwiebel	1	100	27

### AUFGABEN:

- Vergleiche beispielhaft den Wasserbedarf für die Produktion verschiedener Lebensmittel.
- Wie sind die Wasserressourcen weltweit verteilt?
- Wie kann der Wasserverbrauch gesenkt werden?

### AB 3 Kenndaten zum Wasserverbrauch in der Landwirtschaft am Beispiel von Weizen

Bezogen auf die landwirtschaftliche Produktion hat Wasser einen besonders hohen Einfluss auf die Höhe der erzielbaren Erträge. Bei Wassermangel ist der Einsatz künstlicher Bewässerungssysteme erforderlich. Je nach verwendeter Technik – Flutung, Versprühen, Tropftechnik im Freiland oder im Gewächshaus - sind mit Verdunstungsraten bis 70 % zu rechnen. Auch die dafür verwendeten Wasserquellen (z.B. Grundwasser, entsalztes Meerwasser) müssen bei der Berechnung des Wasserfußabdrucks eines Produkts berücksichtigt werden.



Beim Weizenanbau gibt es große regionale Unterschiede. Im globalen Durchschnitt werden für die Produktion von 1 Kilo Weizen 1.827 L Wasser benötigt.

- 70 Prozent ist Niederschlagswasser (grün),
- 19 Prozent kommen aus Bewässerung (blau) und
- 11 Prozent werden als graues Wasser bezeichnet. Dieses wird beim Anbau von Weizen durch Dünger und Pestizide verschmutzt und ist somit für andere Zwecke unbrauchbar.

Aus einem Kilogramm Weizenkörner können 790 g Mehl (etwa 80 %) gemahlen werden. Der Rest sind Kornspelze, die in der Tierfutterproduktion verwertet werden.

Aus einem 1 kg Mehl kann 1,15 kg Brot gebacken werden. Ein Kaiser-Brötchen (60 g) hat einen Wasserfußabdruck von 40 L, ein Baguette (300 g) 155 L, ein Mischbrot 1.608 L/kg.

Von dem für die gesamte Nutzpflanzenproduktion weltweit aufgewendeten Wassers beansprucht allein die Weizenproduktion rund 15 %.

Quellen und Rohdaten am Beispiel der Getreideproduktion

faostat, proplanta, agrifoodprint and [https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ConsumerFootprint\\_BoP\\_Food.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ConsumerFootprint_BoP_Food.pdf),

Waterfootprint Organization <https://waterfootprint.org/en/>

International water management institute [https://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files\\_new/synthesis/Summary\\_SynthesisBook.pdf](https://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/synthesis/Summary_SynthesisBook.pdf)

#### AB 4 Der Zusammenhang zwischen LCA und Wasserfußabdruck



Im LCA eines Produktes oder einer Dienstleistung spielt der Wasserfußabdruck bei der Bewertung eine indikative Rolle. Die Verfügbarkeit produktrelevanter Ressourcen und deren messbare Umwelteinflüsse ermöglichen eine Identifizierung besonders hoher Wasserbedarfe oder Verunreinigungen innerhalb eines Produktionsprozesses. Diese sollen konsequenterweise immer zur Verbesserung der Produktionsbedingungen führen.

Die Ergebnisse einer Ökobilanz können dazu dienen, Prozesse zu optimieren und Umweltbelastungen zu verringern. Während mit einer Ökobilanz verschiedene Umweltauswirkungen untersucht werden, gibt es auch Studien, die sich mit einzelnen Aspekten von Umweltbelastungen beschäftigen. Dazu zählen beispielsweise der ökologische Fußabdruck, der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und der Flächenfußabdruck<sup>3</sup>.

In jedem Produkt steckt folglich auch indirekt eine gewisse Menge Wasser. Dieses sogenannte „virtuelle“ Wasser wird auch als Wasserfußabdruck bezeichnet und ist ein Indikator für die Nutzung der Ressource (Süß)Wasser. Virtuelles Wasser kann in drei Kategorien eingeteilt werden:

- **Grünes Wasser** = ist Regenwasser, das im Boden gespeichert ist und von den Pflanzen aufgenommen und verdunstet wird.
- **Blaues Wasser** = ist Süßwasser, das aus Oberflächen- und Grundwasser entnommen, aber nicht im Rahmen des natürlichen Kreislaufs wieder zurückgegeben wird. Die Bewässerung von Gärten und Feldern oder technische Kühlwassersysteme führt zum Verbrauch von blauem Wasser.
- **Graues Wasser** = beschreibt die Wassermenge, die im Verlauf des Lebenszyklus eines Produkts durch die Herstellung den Transport und seinen Gebrauch oder Verzehr verschmutzt wird. Beispielsweise gelangen durch das Ausbringen von Dünger oder die Anwendung von Medikamenten Schadstoffe in die Umwelt, die zur Verunreinigung von Gewässern führen.
- **Der Wasserfußabdruck beschreibt den Wassergebrauch in KUBIKMETER/JAHR [m<sup>3</sup>/a]**

Uneinigkeit herrscht, wenn es um die Berechnung des Wasserfußabdrucks geht:

Für die Ökobilanz ist der Wasserfußabdruck nach ISO 14046 zu bestimmen und soll die potenziellen Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit Wasser quantifizieren. Der Verbrauch von „grünem Wasser“ wird weniger berücksichtigt. Er wird als Folge der Landnutzungsänderung gesehen und zusammen mit den Auswirkungen dieser, in den dafür vorgesehenen Kategorien, betrachtet (Gerbens-Leenes et al. 2021, S. 3). Auch die Kategorie „graues Wasser“ wird unterschiedlich behandelt. In den Ökobilanzen werden die Auswirkungen von Schadstoffen separat in Kategorien wie Eutrophierung und Ökotoxizität betrachtet.

Andere Wissenschaftler definieren den Wasserfußabdruck eines Produktes als das Volumen an Süßwasser, das für dessen Herstellung verwendet wird. Nach A.Y. Hoekstra und M.M. Mekonnen vom UNESCO-IHE wird der Wasserfußabdruck so kalkuliert, dass der Verbrauch von „grünem Wasser“ jedoch einen großen Einfluss auf die Berechnungen hat. Für den Wasserfußabdruck hingegen wird „graues Wasser“ als die Menge an Wasser bezeichnet, die nötig wäre, um verschmutztes Wasser dermaßen zu verdünnen, dass gültige Wasserqualitätsstandards erreicht werden (Gerbens-Leenes et al. 2021, S. 3).

**Dadurch ergeben sich unterschiedliche Gewichtungen bezüglich des virtuellen Wassers.**

Poore & Nemecek 2018: Poore, J., Nemecek, T., Verringerung der Umweltauswirkungen von Lebensmitteln durch Erzeuger und Verbraucher, 2018, [Reducing food's environmental impacts through producers and consumers | Science \(sciencemag.org\)](https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8). [10.06.21]

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. Eine globale Bewertung des Wasserfußabdrucks von landwirtschaftlichen Erzeugnissen, 2012, <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8> [10.06.21]

Hoekstra, A.Y., Virtual water trade, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Research Report Series No. 12, IHE Delft

Gerbens-Leenes et al. 2021: Gerbens-Leenes, W.; Berger, M.; Allan, J.A. Water Footprint and Life Cycle Assessment: The Complementary Strengths of Analyzing Global Freshwater Appropriation and Resulting Local Impacts. *Wasser* 2021, 13, 803. <https://doi.org/10.3390/w13060803> [10.06.21]