



GEO 401 - Integratives Projekt 2010/11

Der Wasserfussabdruck des Kantons Zürich



Aliz Boer
Anette Brem
Christian Bruderer
Nicola Kugelmeier
Sandra Pool
Carole Signer

Betreuer:
Prof. Dr. Jan Seibert
Hydrologie und Klima
Geographisches Institut der Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich

Verfasser:

Die Mitarbeitenden am Integrativen Projekt 2010/11.

Aliz Boer
Im Ferch 46
8636 Wald
aliz.boer@uzh.ch

Anette Brem
Höllbündtenstrasse 23
8964 Rudolfstetten
anette.brem@uzh.ch

Christian Bruderer
Gustavstrasse 15
8406 Winterthur
christian.bruderer@uzh.ch

Nicola Kugelmeier
Röschibachstrasse 24
8037 Zürich
nicola.kugelmeier@uzh.ch

Sandra Pool
Niederwiesstrasse 1a
8730 Uznach
sandra.pool@uzh.ch

Carole Signer
Tellstrasse 8
8200 Schaffhausen
carole.signer@uzh.ch

Zusammenfassung

Im Rahmen des Integrativen Projektes 2010/11 am Geographischen Institut der Universität Zürich wurde das Thema Wasserfussabdruck behandelt. Die Ressource Wasser dient als Lebensgrundlage und bekommt dadurch eine grosse Bedeutung für den Menschen. Durch den Klimawandel und die Übernutzung der Ressource wird diese Thematik in nächster Zukunft vermehrt für Diskussionen sorgen. In Anlehnung an den WWF Bericht zum Schweizerischen Wasserfussabdruck (Sonnenberg et al., 2008) wurde versucht den Wasserfussabdruck für den Kanton Zürich zu berechnen. Hierfür wurden Statistiken verwendet, eine Umfrage durchgeführt und die Software CropWat angewendet. Mit Hilfe dieser Software kann der virtuelle Wasserverbrauch eines landwirtschaftlichen Produktes quantifiziert werden. Das virtuelle Wasser stellt dabei das Wasser dar, welches für die Produktion aufgewendet wird. Die Menge Wasser, die für die Produktion eines landwirtschaftlichen Gutes benötigt wird, ist stark vom Klima im jeweiligen Anbauland und der Anbauzeit abhängig.

Im Jahr 2009 beträgt der gesamte Wasserfussabdruck für den Kanton Zürich $2.61 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Bei 1'344'860 Einwohnern ist der Wasserfussabdruck eines durchschnittlichen Zürchers $1'941 \text{ m}^3$ pro Jahr oder 5'317 Liter pro Tag. Der darin enthaltene direkte Wasserverbrauch macht nur 5 % aus, während 59 % des Wasserfussabdruckes den Industriegütern und Kleidung und 36 % den Nahrungsmitteln zuzuschreiben sind. Anhand der Resultate der Umfrage, wurden Vergleiche zwischen verschiedenen Konsumentengruppen durchgeführt. Einen markanten Unterschied im Wasserfussabdruck ist zwischen den Vegetariern und den Fleischkonsumenten erkennbar.

Für die Berechnungen mussten zahlreiche Annahmen getroffen werden, die mit einigen Unsicherheiten verbunden waren. Eine grosse Herausforderung war die Tatsache, dass viele der benötigten Daten nicht auf Kantonsbasis erhältlich sind. Dennoch zeigen die Resultate, dass der indirekte Wasserverbrauch den weitaus bedeutendsten Anteil am gesamten Wasserfussabdruck ausmacht. Werden Güter, deren Produktionsprozess mit einem hohen Wasserverbrauch einher geht, in wasserarmen Ländern produziert, können daraus soziale und ökologische Folgen resultieren.

Inhalt

Zusammenfassung.....	ii
Inhalt	iii
Abbildungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis	vii
1 Einleitung.....	1
1.1 Kontext	2
1.2 Fragestellung	4
1.3 Begriffe	4
1.3.1 Virtuelles Wasser.....	4
1.3.2 Wasserfussabdruck	5
2 Methodik.....	7
2.1 Wasserverbrauch.....	7
2.1.1 Direkter Wasserverbrauch	7
2.1.2 Indirekter Wasserverbrauch.....	8
2.2 Import- und Exportdaten des Kantons Zürich.....	10
2.3 Umfrage.....	12
2.3.1 Umfrage-Tool.....	12
2.3.2 Datenerhebung.....	12
2.3.3 Datenauswertung	14
2.4 Berechnung des virtuellen Wassers in Lebensmitteln	16
2.4.1 Berechnung des virtuellen Wassergehalts von Pflanzen mit CropWat.....	16
2.4.2 Berechnung des blauen und grünen virtuellen Wassergehalts von Pflanzen	22
2.4.3 Der Wasserfussabdruck einer Pflanze	23
2.4.4 Berechnung des virtuellen Wassergehalts von tierischen Produkten	23
2.5 Produktion von landwirtschaftlichen und tierischen Produkten im Kanton Zürich.....	23
2.5.1 Pflanzliche Produkte.....	23
2.5.2 Tierische Produkte.....	24
3 Resultate.....	25
3.1 Umfrage.....	25
3.1.1 Im Kanton Zürich wohnhaft vs. an anderem Ort wohnhaft	25

3.1.2	Einkommensklassen	27
3.1.3	Fleischkonsumentengruppen	28
3.2	Import- und Exportmengen.....	29
3.3	Virtuelles Wasser in Lebensmitteln.....	31
3.3.1	Pflanzliche Lebensmittel.....	31
3.3.2	Tierische Lebensmittel.....	34
3.4	Landwirtschaftliche und tierische Produkte im Kanton Zürich	35
3.4.1	Pflanzliche Produkte.....	35
3.4.2	Tierische Produkte.....	36
3.5	Wasserfussabdruck im Kanton Zürich	37
3.5.1	Direkter Wasserfussabdruck	37
3.5.2	Indirekter Wasserfussabdruck.....	37
3.5.3	Gesamter Wasserfussabdruck.....	39
4	Verschiedene Fussabdrücke	41
4.1	Der Ökologische Fussabdruck	41
4.1.1	Der Footprint-Rechner	41
4.1.2	Der Globale Ökologische Fussabdruck	42
4.2	CO ₂ -Fussabdruck.....	43
4.2.1	Der CO ₂ -Rechner.....	43
4.2.2	Das Integrative Projekt 2009/2010	44
4.3	Der Fussabdruck in der Wissenschaft	45
5	Diskussion.....	46
5.1	Datenunsicherheit	46
5.2	Berechnungsunsicherheiten.....	48
5.3	Vergleich mit anderen Konzepten.....	52
5.4	Das Konzept des Wasserfussabdruckes	52
6	Schlussfolgerungen.....	55
7	Ausblick	56
	Literatur.....	57
	Anhang A: Umfrage	61
	Anhang B: Empfohlene Mengen einer konsumierten Portion	68

Anhang C: Anbauggebiete..... 69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Wasserfussabdruck und seine Teilkomponenten	5
Abbildung 2: Wasserfussabdruck _{FP} der landwirtschaftlichen Produkte - Gruppen wohnhaft im Kanton Zürich vs. anderer Wohnort	25
Abbildung 3: Vergleich des Wasserfussabdruckes _{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Gruppen wohnhaft im Kanton Zürich (ZH) vs. anderer Wohnort (nicht ZH).....	26
Abbildung 4: Wasserfussabdruck _{FP} der landwirtschaftlichen Produkte – Einkommensklassen	27
Abbildung 5: Vergleich des Wasserfussabdruckes _{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Einkommensklassen 4 und 5	28
Abbildung 6: Wasserfussabdruck _{FP} der landwirtschaftlichen Produkte - Fleischkonsumenten-Kategorie	28
Abbildung 7: Vergleich des Wasserfussabdruckes _{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Fleischkonsum-Kategorien	29
Abbildung 8: Nahrungsmittlexport in Tonnen aus dem Kanton Zürich 2009	31
Abbildung 9: Prozentualer Anteil des grünen und blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines pflanzlichen Produkts.....	34
Abbildung 10: Prozentualer Anteil des grünen und blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines tierischen Produkts	35
Abbildung 11: Wasserfussabdruck _{FP} des Kantons Zürich generiert durch Frischprodukteimport in den Produktionsländern	40
Abbildung 12: Visualisiertes Ergebnis des Footprint-Rechners.....	42
Abbildung 13: Zeitreihe des Globalen Ökologischen Fussabdruckes. Ressourcenverbrauch in Anzahl benötigter Planeten dargestellt	43
Abbildung 14: Ergebnis des CO ₂ -Rechners von Greenpeace.....	44
Abbildung 15: Treibhausgasbilanz der GIUZ	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Virtuelles Wasser ausgewählter landwirtschaftlicher Güter	3
Tabelle 2: Vergleich des täglichen direkten Wasserverbrauchs zwischen dem Kanton Zürich und der Schweiz in Litern pro Person	8
Tabelle 3: Ausgaben für Industrie- und Dienstleistungsgüter in der Schweiz. Angaben in Prozent [%] des Warenkorb	9
Tabelle 4: Lebensmittel, die für die Berechnung des Wasserfussabdruckes verwendet wurden	10
Tabelle 5: Beispielrechnung Wasserfussabdruck von Kartoffeln	14
Tabelle 6: Die Hauptimportländer mit den entsprechenden Klimazonen und den verwendeten Klimastationen.....	19
Tabelle 7: Pflanzungsdatum der in CropWat enthaltenen Lebensmittel.....	20
Tabelle 8: Produkteparameter der neu definierten Lebensmittel.....	22
Tabelle 9: Nahrungsmittelimport in den Kanton Zürich 2009.....	30
Tabelle 10: Das grüne und blaue Wasser eines Produkts für die drei ausgewählten Klimastationen des jeweiligen Anbaulandes in absoluten Werten	32
Tabelle 11: Das grüne und blaue Wasser der tierischen Produkte des jeweiligen Landes in absoluten Werten.....	35
Tabelle 12: Berechnete Produktionsmengen im Kanton Zürich.	36
Tabelle 13: Berechnete Fleischproduktion im Kanton Zürich	36
Tabelle 14: Produzierte Frischmilch für den Kanton Zürich berechnet	36
Tabelle 15: Virtueller Wasserfussabdruck _{K_{FP}} durch Nahrungsmittel im Kanton Zürich in 10 ⁴ m ³	38
Tabelle 16: Totaler Wasserfussabdruck im Jahr 2009	40
Tabelle 17: Anzahl Hektaren benötigter produktiver Erdoberflächen.....	42
Tabelle 18: Ertragsunterschätzung Schweiz.....	50
Tabelle 19: Die Angaben entsprechen einer empfohlenen konsumierten Portion eines jeweiligen Nahrungsmittels	68
Tabelle 20: Quellen zu den Hauptanbaugebieten der einzelnen Produkte im Ausland	69

1 Einleitung

In einer Studie des WWF Schweiz wurde der Wasserfussabdruck der Schweiz berechnet. Dieser beträgt 16.2 Kubikkilometer Wasser pro Jahr (Sonnenberg et al., 2010). Jedoch wird nur ein Teil des Wasserfussabdruckes auch effektiv in der Schweiz generiert. Fast zwei Drittel davon werden ausserhalb der Schweiz für die Produktion, der in die Schweiz importierten Güter, erzeugt (Sonnenberg et al., 2010). Als Folge davon können, zumindest im Falle der Schweiz, die heimischen Ressourcen geschont werden auf Kosten der Ressourcenverfügbarkeit der jeweiligen Produktionsländer (Sonnenberg et al., 2010). Die Schweiz hinterlässt durch den Import von Gütern in den Produktionsländern einen Wasserfussabdruck. Dieser Wasserfussabdruck variiert je nach Land und auch die dadurch entstehenden Folgen sind unterschiedlich. Bedeutende Einflussfaktoren auf die unterschiedlichen Auswirkungen sind die klimatischen und geographischen Bedingungen (Sonnenberg et al., 2010). So sind die Auswirkungen durch den Anbau von Gütern und durch den Export derer in einem Land, das selber bereits mit Wassermangel zu kämpfen oder regionale Wasserprobleme hat, viel gravierender als in einem Land mit genügend Wasserressourcen. Die Herstellung von gewissen Gütern kann also einen grossen Einfluss auf die Wasserressourcen der Produktionsregion haben.

Das Integrative Projekt am Geographischen Institut der Universität Zürich wurde im Jahr 2010/11 zum Thema „Wasserfussabdruck des Kantons Zürich“ durchgeführt. Die Thematik des Wassers als wichtige Ressource ist momentan brisant. Der Wasserfussabdruck ist ein Konzept, welches den Wasserverbrauch durch Produkte und Dienstleistungen aufzeigt (Sonnenberg et al., 2010). Die Idee ist nach Möglichkeit festzulegen wo Wasser eingespart werden könnte. Im Integrativen Projekt wurde in ähnlicher Art und Weise wie beim WWF, der Wasserfussabdruck des Kantons Zürich berechnet. Zur Ermittlung des Wasserfussabdruckes sind Statistiken des Kantons Zürich verwendet worden, eine Umfrage wurde durchgeführt und eine Software namens CropWat eingesetzt. Diese Software diente der Analyse des grünen und blauen Wasserverbrauchs durch die landwirtschaftliche Produktion von Nahrungsmitteln.

Der Wasserfussabdruck setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen, welche nachfolgend in diesem Kapitel erläutert werden. Dazu wird der Forschungskontext aufgezeigt und die Fragestellung daraus abgeleitet. Weiter werden in diesem Kapitel die Begriffe aufgeführt, welche für das Verständnis des Projektes relevant sind. Der Wasserfussabdruck wird unterteilt in einen direkten und einen indirekten Wasserverbrauch. Das Kapitel der Methodik ist anhand dieser Unterscheidung aufgebaut. In der Methodik wird weiter die Auswahl der untersuchten Produkte aufgeführt und der Aufbau der Umfrage aufgezeigt. Anhand von Daten des Eidgenössischen Zolldepartements war es möglich die Mengen in Kilogramm der ausgewählten Produkte zu berechnen. Durch den Einbezug der Software CropWat wurde der virtuelle Wasserverbrauch berechnet und es konnte zusätzlich eine

Unterscheidung bezüglich grünem und blauem virtuellem Wasser gemacht werden. Dies ist, zumindest bezüglich des Kantons Zürich, eine Erweiterung der Analyse des Wasserfussabdruckes gegenüber dem Bericht des WWF. Weiter wird in der Methodik die Berechnung des virtuellen Wassers in Lebensmitteln erklärt und die Vorgehensweise bei der Bestimmung der Produktionsmenge im Kanton Zürich beschrieben. Anschliessend folgen in Kapitel 3 die Resultate der Analysen und der Umfrage sowie die Berechnungen zum Wasserfussabdruck. Es konnte jeweils für eines der Hauptimportländer, welche aus der Analyse der Zolldaten hervorgingen, der virtuelle Wasserverbrauch durch die Produktion des Gutes in besagtem Land berechnet werden. Analog dazu wurde für die Exportmengen der virtuelle Wasserverbrauch am Produktionsort Zürich berechnet. Zum Vergleich des Konzepts des Wasserfussabdruckes werden in Kapitel 4 weitere Fussabdrücke beschrieben. In der Diskussion werden die Berechnungsunsicherheiten, die Datenunsicherheiten und das Konzept des Wasserfussabdruckes besprochen. Das Projekt wird mit einer Schlussfolgerung und einem Ausblick abgeschlossen.

1.1 Kontext

Der Wasserfussabdruck kann als Indikator für den Wasserverbrauch verwendet werden (Sonnenberg et al., 2010). Dieser zeigt dabei auf, wie das Verhältnis zwischen dem Wasserverbrauch für die Produktion von Gütern und Dienstleistungen und der anschliessenden Konsumation der Güter durch die Personen eines Landes ist (Hoekstra & Chapagain, 2006). Der Wasserfussabdruck wird dabei von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Die Hauptfaktoren, die den Wasserfussabdruck eines Landes beeinflussen sind: das Volumen Wasser, welches direkt gebraucht wird, das Konsumationsverhalten der Bevölkerung, das Klima und die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen und Methoden (Hoekstra & Chapagain, 2006).

Es gibt sehr grosse Unterschiede im Wasserverbrauch zwischen verschiedenen Ländern. Einerseits bezüglich ihrer klimatischen und geographischen Bedingungen und andererseits auch durch das unterschiedliche Verhaltens- und Konsummuster der Bevölkerung. Der globale durchschnittliche Wasserverbrauch beträgt 3'397 Liter Wasser pro Tag. Die USA liegen mit ihrem Verbrauch von 6'795 Litern sehr hoch und China im Gegensatz dazu mit 1'918 Litern sehr tief (Chapagain & Hoekstra, 2004a). Der durchschnittliche Wasserverbrauch umfasst dabei zum einen Teil das Wasser welches als Trinkwasser oder Wasser zum Abwasch gebraucht wird. Dies macht aber lediglich einen kleinen Teil aus. Der grösste Teil des täglichen Wasserverbrauchs wird durch den Konsum von Nahrungsmitteln und Industriegütern generiert, welcher pro Tag durch das sogenannte virtuelle Wasser in den alltäglichen Wasserverbrauch einfliesst (Sonnenberg et al., 2010). In der Schweiz werden im Durchschnitt 6'082 Liter pro Person und Tag gebraucht, wovon aber lediglich 164 Liter Wasser direkt verbraucht werden. Ein Anteil von 1'932 Litern wird in Form von Industriegütern verwirtschaftet und eine beträchtliche Menge von 3'986 Litern durch den Konsum von landwirtschaftlichen Gütern

(Sonnenberg et al., 2010). Dabei ist der Trend zu beobachten, dass der direkte Wasserverbrauch in den letzten Jahren sowohl in der Schweiz als auch im Kanton Zürich gesunken ist (Kanton Zürich, 2011, Internet). Auch der Konsum von Industriegütern ist zwischen den Ländern und teilweise auch zwischen verschiedenen Regionen eines Landes unterschiedlich. Somit ist der Anteil des Wasserfussabdruckes erzeugt durch Industriegüter zwischen den Ländern verschieden und teilweise sogar innerhalb eines Landes. So macht der Konsum von Industriegütern in den USA 32 % des Wasserfussabdruckes aus, in Indien hingegen nur einen Anteil von 2 % (Hoekstra & Chapagain, 2006).

Weiter ist anzumerken, dass in vielen Ländern der Preis des Wassers subventioniert wird. Das heisst die effektiven Kosten werden nicht an die Landwirte weitergegeben (Sonnenberg et al., 2010). Die Sensibilität für die Wasserkosten ist daher bei einem breiten Teil der Bevölkerung in vielen Ländern nicht gegeben. Dies kann von politischer Seite her behoben werden, indem einerseits Strafen auf den illegalen Wasserverbrauch ausgesprochen werden und andererseits die effektiven Kosten transparent gemacht werden (Sonnenberg et al., 2010).

Eine Motivation zur Bearbeitung dieses Projektes ist der enorme Anteil der landwirtschaftlichen Güter am Wasserfussabdruck, der durch den Anbau dieser Güter entsteht. Der Anteil am Wasserfussabdruck in der Schweiz, basierend auf den Zahlen vom WWF (Sonnenberg et al., 2010), belaufen sich für die landwirtschaftlichen Güter auf mehr als 65 %. Für die Veranschaulichung der Dimensionen des Wasserfussabdruckes erzeugt durch die Produktion von landwirtschaftlichen Gütern sind ein paar ausgewählte Kategorien aufgeführt (Tab. 1). Der Wasserverbrauch bei der Produktion wird als virtuelles Wasser bezeichnet.

Tabelle 1: Virtuelles Wasser ausgewählter landwirtschaftlicher Güter (Hoekstra & Chapagain, 2006).

Produkt	Virtuelles Wasser [l]
1 Tomate [70 g]	13
1 Kartoffel [100 g]	25
1 Stück Brot [30 g]	40
1 Orange [100 g]	50
1 Apfel [100 g]	70
1 Tasse Kaffee [125 ml]	140
1 Glas Milch [200 ml]	200
1 Baumwoll T-Shirt [250 g]	2000
1 Hamburger [150 g]	2400
1 Paar Schuhe [Leder]	8000

Wie der Wasserfussabdruck der Schweiz generiert wird, welche Dimensionen er hat und in welchen Ländern er möglicherweise soziale und geopolitische Probleme hervorrufen kann wurde von

Sonnenberg et al (2010) durch den Bericht vom WWF analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass die Schweiz den grössten Wasserfussabdruck durch den Import von Kakao und Kaffee hinterlässt. Dadurch verursacht die Schweiz in Ghana den grössten Wasserfussabdruck, gefolgt von einem grossen Wasserfussabdruck in der Elfenbeinküste und in Brasilien (Sonnenberg et al., 2010).

1.2 Fragestellung

Die Fragestellung des Integrativen Projektes befasst sich mit dem Wasserfussabdruck des Kantons Zürich. Die Quantifizierung des Wasserfussabdruckes des Kantons Zürich umfasst dabei die Hauptaufgabe, welche anhand von zwei Hypothesen bearbeitet wird. Eine zentrale Frage der Studie ist, ob sich der Wasserverbrauch in Zürich stark von demjenigen der übrigen Schweiz unterscheidet.

Die Hypothesen zur Bearbeitung der Fragestellung lassen sich wie folgt formulieren:

- Wie viel Wasser wird von der Zürcher Bevölkerung verbraucht und in welcher Art und Weise geschieht dies? Wie viel von diesem Wasser kann dem ‚virtuellen Wasser‘ zugeschrieben werden?
- Woher stammt das ‚virtuelle Wasser‘? Wie ist das ‚virtuelle Wasser‘ in seine Komponenten grünes und blaues Wasser aufgeteilt?

1.3 Begriffe

Um den Wasserfussabdruck berechnen zu können braucht es grundlegende Konzepte, die hier kurz eingeführt werden. Die nachfolgenden Berechnungen zum Wasserfussabdruck basieren auf diesen Grundlagen. Die wichtigsten Begriffe zur Bearbeitung des Themas sind das virtuelle Wasser und der Wasserfussabdruck. Das Konzept des virtuellen Wassers ist von Allan entwickelt worden (Allan, 1998, 1999, 2001). Aufbauend darauf wurde im Jahr 2002 von Hoekstra und Hung das Konzept des Wasserfussabdruckes als Fortsetzung des Konzepts von Allan hergeleitet (Hoekstra & Hung, 2002).

1.3.1 Virtuelles Wasser

Virtuelles Wasser ist das Wasser, welches in einem Produkt steckt. Dabei wird das ganze Volumen an Wasser berücksichtigt, das während der Produktion (ganze Produktionskette) eines Produktes benötigt wird. Zum virtuellen Wasser gehört auch das Wasser, das während der Produktion verschmutzt wird.

Virtuelles Wasser kann in grünes, blaues und graues Wasser eingeteilt werden (Definitionen nach Hoekstra et al., 2009):

Grünes Wasser: Grünes Wasser ist der Teil des Niederschlags, der im Boden gespeichert wird und letztendlich verdunstet. Es läuft weder unter- noch oberirdisch ab, noch erhöht es den

Grundwasserspeicher. Grünes Wasser kann von der Pflanze aufgenommen und für das Wachstum verwendet werden.

Blaues Wasser: Blaues Wasser ist der Teil des Niederschlags, der zum Abfluss kommt. Blaues Wasser kann temporär als Grundwasser gespeichert werden.

Graues Wasser: Ist ein Indikator für die Verschmutzung von frischem, sauberem Wasser während der Produktion eines Produktes. Es ist definiert als die Menge an Wasser, die benötigt wird, um die Schadstoffkonzentration des verschmutzten Wassers auf einen erlaubten Qualitätsstandard zu reduzieren.

1.3.2 Wasserfussabdruck

Der Wasserfussabdruck ist definiert als das Volumen an Wasser, welches für die Produktion eines Gutes benötigt oder durch dessen Produktion verschmutzt wird. Dabei hat die geographische Komponente, wo das Gut konsumiert und wo das Gut produziert wird, eine zentrale Bedeutung. Der Wasserfussabdruck ist zugleich ein Indikator für den direkten und indirekten Wasserverbrauch eines Konsumenten (Abb. 1) (Hoekstra et al., 2009).

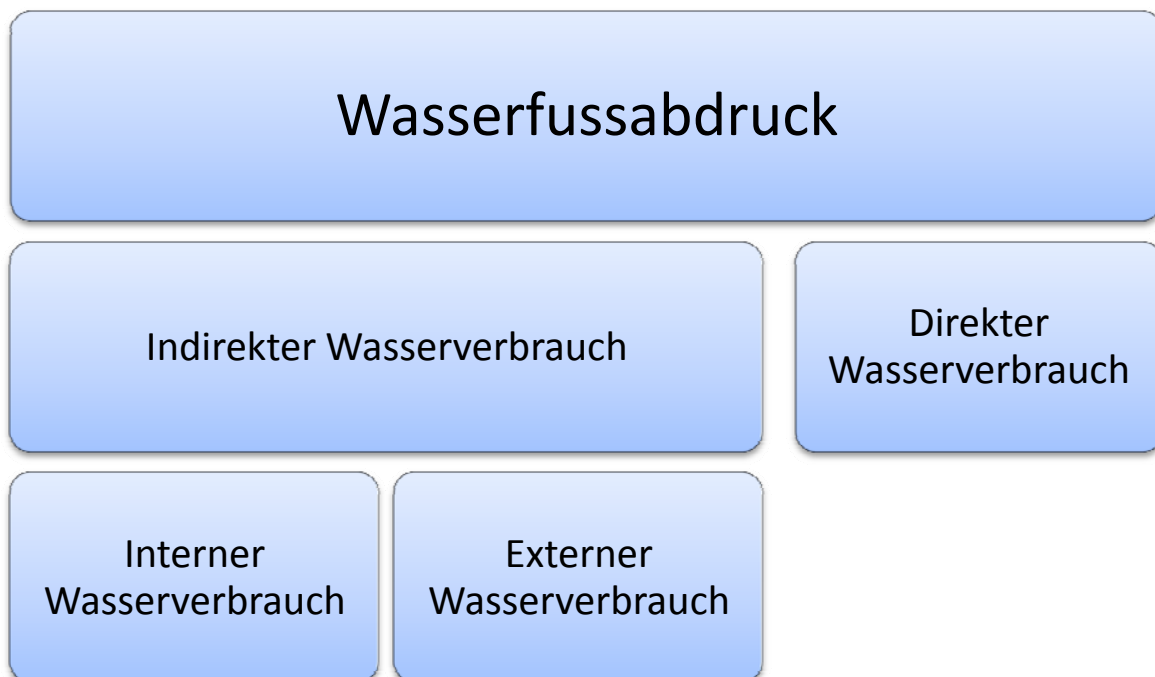


Abbildung 1: Der Wasserfussabdruck und seine Teilkomponenten (Sonnenberg et al., 2010).

Der direkte Wasserverbrauch wird durch den täglichen Wasserverbrauch generiert. Der tägliche Wasserverbrauch setzt sich zusammen aus dem Wasser, welches im Haushalt gebraucht wird. Dazu gehört: Trinken, Duschen, Kochen, Waschen, Putzen und auch das Abwasser, zudem wird noch der sonstige Verbrauch dazu gezählt (Hoekstra & Chapagain, 2008).

Der indirekte Wasserverbrauch kann weiter in den internen und externen Wasserverbrauch

differenziert werden. Der interne Wasserverbrauch ist definiert als die lokalen Wasserressourcen, welche zur Produktion von Gütern und Dienstleistungen durch die Bewohner des Landes gebraucht werden. Es ist das totale Wasservolumen, welches von den lokalen Wasserressourcen bezogen wird, minus dem Wasservolumen, welches durch den Export von lokal produzierten Gütern in Form von virtuellem Wasser aus dem Land ausgeführt wird (Hoekstra & Chapagain, 2006).

Interner Wasserverbrauch = Landwirtschaftlicher Wasserverbrauch + Wasserverbrauch in Industrie & Dienstleistung – Virtueller Wasserexport

Der externe Wasserverbrauch ist definiert als das Wasservolumen, welches in anderen Ländern zur Herstellung von Gütern und Dienstleistungen benötigt wird, wobei die Güter und Dienstleistungen in dem Land konsumiert werden, dessen Wasserfussabdruck berechnet wird. Von diesem Wasservolumen wird der Re-Export von virtuellem Wasser abgezogen (Hoekstra & Chapagain, 2006). Der Re-Export entsteht durch Produkte, die erst importiert wurden und anschliessend zur Konsumation aber in andere Länder exportiert werden.

Externer Wasserverbrauch = Virtueller Wasserimport – Virtueller Wasser-Re-Export

2 Methodik

Das Kapitel der Methodik zeigt auf, welche Berechnungen in welcher Art und Weise durchgeführt wurden sowie auf welche Daten oder Statistiken sich diese beziehen. Des Weiteren wird gezeigt, welche Annahmen getroffen wurden und wie diese begründet wurden. Die Methodik des Wasserverbrauchs durch Nahrungsmittel ist auf Grund der Komplexität und der diversen Berechnungsstufen in mehrere Unterkapitel gegliedert. Zur Analyse des Wasserfussabdruckes des Kantons Zürich wurde zudem eine Umfrage durchgeführt, bei welcher ein Rücklauf von 435 ausgefüllten Fragebogen von insgesamt 1283 verschickten Anfragen verzeichnet werden konnte. Damit das virtuelle Wasser ermittelt werden konnte wurde die Software CropWat der FAO verwendet.

2.1 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch kann unterteilt werden in den direkten und indirekten Wasserverbrauch, wobei der indirekte Wasserverbrauch noch die Komponenten intern und extern unterscheidet (Abb. 1). Der indirekte Wasserverbrauch wird weiter unterschieden nach Wasserverbrauch durch Industriegüter und Dienstleistung und nach Wasserverbrauch durch Nahrungsmittel. Der Wasserverbrauch durch Nahrungsmittel erfolgt in mehreren Stufen, von der Produktauswahl über die Bestimmung der Import- und Exportmenge, die Berechnungen des virtuellen Wassers in Nahrungsmitteln und die Software CropWat bis zur Betrachtung der Produktion von landwirtschaftlichen und tierischen Produkten im Kanton Zürich.

2.1.1 Direkter Wasserverbrauch

Der direkte Wasserverbrauch ergibt sich aus der Wassermenge, die durch tägliche Tätigkeiten wie Duschen, Kochen, Waschen, Putzen und Trinken erzeugt wird. Für den Kanton Zürich kann der direkte Wasserverbrauch anhand der Statistik *Spezifischer Wasserverbrauch* des Statistischen Amtes des Kantons Zürich berechnet werden (Kanton Zürich, 2011, Internet). Der spezifische Wasserverbrauch des Kantons Zürich wird pro Person und in Litern angegeben. Es wird zusätzlich eine Unterscheidung des mittleren und maximalen Tagesverbrauchs für den Kanton Zürich, wie auch für die Schweiz gemacht (Tab. 2). Die Zahlen gelten für das Jahr 2009, wobei zu beachten ist, dass die Pro-Kopf-Werte inklusive dem direkten Verbrauch von Industrie und Gewerbe sind. Das bedeutet, dass die Zahlen mit Vorbehalt und nicht als haushalttypisch zu betrachten sind (Kanton Zürich, 2011, Internet).

Tabelle 2: Vergleich des täglichen direkten Wasserverbrauchs zwischen dem Kanton Zürich und der Schweiz in Litern pro Person (Kanton Zürich, 2011, Internet).

Jahr	Kanton Zürich		Schweiz	
	Mittlerer Tagesverbrauch [l]	Maximaler Tagesverbrauch [l]	Mittlerer Tagesverbrauch [l]	Maximaler Tagesverbrauch [l]
2009	285	388	338	479

Für das Jahr 2009 verzeichnet der Kanton Zürich, nach zivilrechtlichem Wohnsitzbegriff per 31. Dezember, eine Gesamtbevölkerung von 1'344'866 Personen (Kanton Zürich, 2011, Internet).

Berechnung Direkter Wasserverbrauch:

$$\text{Wasserverbrauch [l d}^{-1} \text{]} = \text{Anzahl Personen Kanton Zürich} * \text{Mittlerer Tagesverbrauch [l]}$$

2.1.2 Indirekter Wasserverbrauch

Der indirekte Wasserverbrauch setzt sich aus dem internen und externen Wasserverbrauch zusammen. Der indirekte Wasserverbrauch wird zusätzlich unterteilt in einen Verbrauch durch Industriegüter und Kleidung und einen Verbrauch von Wasser durch Nahrungsmittel.

2.1.2.1 Indirekter Wasserverbrauch durch Industriegüter & Kleidung

Der Wasserverbrauch von Industriegütern und Kleidung wurde anhand einer Statistik zum durchschnittlichen Einkommen der Bevölkerung des Kantons Zürich eruiert (Kanton Zürich 2011, Internet) und basiert auf den Berechnungen von Hoekstra & Chapagain (2006).

Der Wasserfussabdruck, welcher durch die Produktion von Industriegütern generiert wird, entspricht im Durchschnitt etwa 10 % der global genutzten Wassermenge pro Jahr. Die Wassermengen unterscheiden sich je nach Land bezüglich Einkommen, Klima, Technologie und somit auch dem Entwicklungsstand und den Wassergewohnheiten der Bevölkerung (Hoekstra & Chapagain, 2006). So können Toiletten mit einem Wassersparknopf einen Einfluss auf den Wasserverbrauch haben. Aber auch Duschgewohnheiten (je länger, desto mehr Wasser wird gebraucht) beeinflussen den Verbrauch. Je nach Nation und Einkommen wird weiter auch unterschiedlich viel Geld für den Konsum von Industriegütern ausgegeben. Im globalen Durchschnitt beträgt der Wasserverbrauch 80 Liter pro US \$ Industriegut. Deutschland und Holland geben 50 Liter $\text{\$}^{-1}$ aus, die USA 100 Liter $\text{\$}^{-1}$ und als unteres Extrem können als Beispiele Indien und China mit nur 20-25 Liter $\text{\$}^{-1}$ aufgeführt werden (Hoekstra & Chapagain 2006). Der Wasserverbrauch für die Schweiz wird ähnlich dem von Deutschland und Holland sein und für die weiteren Berechnungen wird daher die Annahme 50 Liter $\text{\$}^{-1}$ getroffen. Der Wechselkurs CHF in US \$ wird für das Jahr 2009 mit 1:1 angenommen (Exchange-Rates, 2011, Internet).

Das durchschnittliche steuerbare Einkommen eines Steuerpflichtigen im Kanton Zürich betrug 2007 62'377 CHF (Kanton Zürich, 2011, Internet).

Aus dem Warenkorb 2009 ergeben sich die Anteile einer Kategorie in Prozent, die pro Einkommen für die ausgewählten Kategorien im Bereich Industrie- und Dienstleistungsgüter ausgegeben werden (Tab. 3).

Tabelle 3: Ausgaben für Industrie- und Dienstleistungsgüter in der Schweiz. Angaben in Prozent [%] des Warenkorbes (Bundesamt für Statistik, 2010).

Kategorie	Anteil [%]
Bekleidung & Schuhe	4.6
Hausrat & laufende Hausratsführung	5.0
Verkehr	11.2
Freizeit & Kultur	10.6
Sonstige Waren & Dienstleistungen	5.2
Total	36.6

Berechnung indirekter Wasserverbrauch durch Industriegüter und Dienstleistung:

Wasserverbrauch durch Industriegüter & Dienstleistung = Anteil des jährlichen Einkommens für Industriegüter und Dienstleistungen in % * 50 l \$⁻¹* Bevölkerungszahl

Eine Unterscheidung des indirekten Wasserverbrauchs, verursacht durch den Konsum von Industriegütern und Dienstleistungen, ist nicht weiter differenzierbar in internen und externen Wasserverbrauch, da keine Angaben zu den Konsumgütern und deren Herkunft vorhanden sind.

2.1.2.2 Auswahl der Produkte

Der Wasserverbrauch, welcher durch landwirtschaftliche Produkte generiert wird, entsteht durch das Verhältnis der Wassermenge, welche für den Anbau verwendet wird und der geernteten Menge des Landwirtschaftsprodukts (Sonnenberg et al., 2010). Damit der Wasserverbrauch durch landwirtschaftliche Produkte berechnet werden konnte, wurde als erstes eine Auswahl der Produkte getroffen, um die Untersuchung einzuschränken. Das Ziel war dabei einen möglichst grossen Anteil des Wasserfussabdruckes von landwirtschaftlichen Produkten abzudecken. Die Auswahl umfasst 18 landwirtschaftliche und vier tierische Lebensmittel. Diese erfolgte aus der Tabelle *Global average water footprints of primary crops (m t⁻¹n) over the period 1997-2001* (Hoekstra & Chapagain, 2004b). Jede aufgelistete Kulturpflanze und ihr prozentualer Anteil am globalen Wasserkonsum wurde betrachtet. Dabei wurden diejenigen ausgewählt, welche am meisten ins Gewicht fallen, so dass mindestens ein Anteil von 60 % erreicht wurde (Tab. 4).

Tabelle 4: Lebensmittel, die für die Berechnung des Wasserfussabdruckes verwendet wurden (Hoekstra & Chapagain 2004b).

Produkt	Anteil am globalen Wasserkonsum für die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln [%]	Kategorie
Apfel	0.60	Frucht
Birne	0.20	Frucht
Traube	0.60	Frucht
Zitrusfrüchte	1.03	Frucht
Banane	0.90	Frucht
Tomate	0.30	Gemüse
Kartoffel	1.20	Gemüse
Weizen (Winter)	12.4	Getreide
Reis	21.3	Getreide
Mais	8.60	Getreide
Soja	4.50	Sonstiges
Zucker	3.80	Sonstiges
Kakao	1.40	Sonstiges
Kaffee	1.90	Sonstiges
Tee	0.50	Sonstiges
Erdnuss	1.60	Ölsaat
Sonnenblume	1.20	Ölsaat
Palmpflanze	1.80	Ölsaat
Total	63.8	

Diese agrarischen Produkte machen knapp 64 % des globalen Wasserkonsums für die Produktion von Kulturpflanzen aus. Der Wasserverbrauch wird aber nicht nur durch pflanzliche Produkte generiert, Milch und vor allem die Aufzucht von Rindern, Schweinen und Hühnern tragen ebenfalls einen Anteil dazu bei. Durch das Addieren der tierischen Produkte wird mehr als 80 % des indirekten Wasserfussabdruckes durch den Lebensmittelverbrauch abgedeckt.

Anhand dieser Abgrenzung und Festlegung der Produkte wurde die Methodik aufgebaut. Die Produkte geben Hinweise auf den Wasserfussabdruck des Kantons Zürich, indem sie eine Berechnung des Wasserverbrauchs erlauben. Tab. 4 dient zusammen mit den tierischen Lebensmitteln als Grundlage für die weiterführenden Analysen. Sowohl die Befragung als auch die Auswertung der Importdaten in Kilogramm in den Kanton Zürich stützen sich auf diese Grundlage.

2.2 Import- und Exportdaten des Kantons Zürich

Über die Eidgenössische Zollverwaltung (EZV) wurden, im speziellen durch die Oberzolldirektion, die *Schweizerischen Aussenhandelszahlen betreffend der Import- und Exportmengen in Kilogramm von Lebensmitteln (Kap. 1-24) des Jahres 2009 für den Kanton Zürich nach achtstelligen Zolltarifnummern und Ländern* explizit für dieses Projekt zugänglich gemacht (Eidgenössische Zollverwaltung, 2011). Es handelt sich hierbei um ein nicht veröffentlichtes Dokument, welches nur für die Quantifizierung der Kilogrammengen im Rahmen des Integrativen Projektes verwendet wurde. Die Analyse der Import-

und Exportmengen in Kilogramm wurde ebenfalls nur für die in Tab. 4 festgelegten Produkte, inklusive der genannten tierischen Produkte, durchgeführt.

Bei der Auswertung der Import- und Exportmengen wurden die Produktkategorien, welche in der Excel-Tabelle der Eidgenössische Zollverwaltung angegeben sind, erheblich gekürzt, so dass lediglich die Kilogramm an frischen und zur menschlichen Ernährung vorgesehenen Unterkategorien einbezogen wurden. Dies wurde damit begründet, dass sich die nachfolgenden Berechnungen in CropWat auf den Anbau von frischen Produkten, die für die menschliche Ernährung bestimmt sind, beziehen. So wurden beispielsweise alle Kategorien welche bei den Import- respektive Exportmengen zu Futterzwecken, als haltbar gemachte, getrocknete oder eingelegte Erzeugnisse deklariert sind, nicht mit einkalkuliert. Ebenfalls vernachlässigt wurden pflanzliche Lebensmittel zur Aussaat sowie auch beispielsweise Mehl oder Stärke und weitere aus Kartoffeln, Weizen oder Mais produzierten Produkte. Mehl, Stärke, Säfte, Fette und weitere wurden nicht einkalkuliert, weil diese nicht die gleichen effektiven Kilogramm aufwiesen wie die frischen Produkte, beziehungsweise eine Umrechnung auf die frischen Produkte zur Herstellung dieser Kategorien gemacht werden müsste, was den zeitlichen Rahmen dieser Untersuchung überschritten hätte.

Die totalen Kilogramm je Import und Export wurden addiert und in Tonnen umgerechnet, so dass sie für die weiteren Berechnungen verwendet werden konnten. Sie sind im Kapitel 3 Resultate aufgeführt. Für den Import wurden die Hauptimportländer der jeweiligen Kategorien angeschaut und zusätzlich für eines der Hauptimportländer, in welchem tendenziell ein massgebender Wasserfussabdruck verursacht wird, der virtuelle Wasserverbrauch berechnet. Mit den ausgewählten Ländern wurden anschliessend in CropWat weitere Analysen gemacht. Das zusätzlich analysierte Land, inklusive seinem Anteil an der totalen Importmenge, ist ebenfalls in den Resultaten in Tab. 8 aufgeführt. Das Hauptimportland beim Tee und bei der Palmpflanze ist für die Schweiz ein europäisches Land. Da beide Pflanzen jedoch nicht im europäischen Raum wachsen oder angepflanzt werden, wurde ein Land mit tropischem Klima für die weitere Analyse verwendet (gekennzeichnet durch *). Die Berechnung des virtuellen Wasserverbrauchs erfolgte anschliessend aber nicht nur mit den Kilogramm für das untersuchte Land, sondern es wurden die totalen Kilogramm der frischen Nahrungsmittel, die in den Kanton Zürich importiert wurden, mit dem virtuellen Wasserverbrauch multipliziert. Daraus ergibt sich der Wasserfussabdruck für die frischen Produkte, welcher mit WFP_{FP} abgekürzt wird.

Für den Export wurden ebenfalls die Kilogramm, respektive Tonnen berechnet. Weitere Analysen zum Export wurden aber nicht gemacht. Der Re-Export beispielsweise konnte in diesem Projekt nicht berechnet werden, da keine Angaben zu den Import- und Exportdaten zwischen den Kantonen vorliegen. Der interne und externe Wasserverbrauch durch Nahrungsmittel lässt sich anhand der

Zolldaten und den Produktionszahlen des Kantons Zürich berechnen. Jedoch nicht der Import- und Export zwischen den Kantonen.

2.3 Umfrage

Für die Berechnung des Wasserfussabdruckes benötigt es, neben den direkt verbrauchten Wassermengen, Angaben zum virtuellen Wasserverbrauch. Dieser ist zu einem grossen Anteil in den von uns täglich konsumierten Lebensmitteln enthalten. Der Lebensmittelkonsum wurde mit der Wassermenge der jeweiligen Pflanze, die für die Herstellung des Lebensmittels benötigt wurde, verrechnet. Um die Mengen an konsumierten Lebensmitteln pro Person im Kanton Zürich zu erheben wurde eine Online-Umfrage durchgeführt.

Die Umfrage diente dazu, den Wasserfussabdruck unterschiedlicher Konsumentengruppen, wie z.B. der Einkommensklassen, einander gegenüber zu stellen. Ein solcher Vergleich kann als sinnvoll erachtet werden, da in jeder Gruppe dieselben Unsicherheiten bestanden und diese folglich miteinander verglichen werden konnten.

2.3.1 Umfrage-Tool

Für die Befragung wurde die Online-Software von www.questionpro.com verwendet, welche die ganze Palette an möglichen Fragestellungen beinhaltet. Diese reichten von Multiple-Choice-Fragen bis Open Text-Fragen. Die Daten der Erhebung wurden in Form einer Excel-Tabelle für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

2.3.2 Datenerhebung

Die Fragen der Umfrage stützten sich alle auf die in Tab. 4 ausgewählten Lebensmittel inklusive der Kategorie mit den tierischen Produkten ab. Sie wurden so gestellt, dass die meisten Antworten in Anzahl konsumierten Portionen pro Woche beantwortet werden konnten. Teilweise wurde nach Anzahl konsumierter Getränke pro Woche gefragt, wie z.B. Kaffee oder Tee (Anhang A). Es erschien als einfacher für die Befragten die Anzahl konsumierter Portionen anzugeben als die Mengen in Gramm pro Woche zu berechnen.

Am Schluss der Umfrage wurden noch einige allgemeine Fragen, wie z.B. Angaben zur Person, sowie einige Fragen zum Konsum und zum Einkaufsverhalten, gestellt.

Diese zusätzlichen Angaben wurden für eine Vergleichsanalyse verwendet. Dabei wurden drei verschiedene Gruppierungen auf deren Unterschiede untersucht:

- Im Kanton Zürich wohnhaft versus nicht im Kanton Zürich wohnhaft
- Fleischkonsumentengruppen
- Einkommensklassen

Die Teilnehmer der Umfrage konnten sich in folgende Wohnort-Kategorien einteilen:

- Gruppe 1: Wohnhaft im Kanton Zürich und Wochenaufenthalter im Kanton Zürich
- Gruppe 2 : Nicht im Kanton Zürich wohnhaft

Die Teilnehmer der Umfrage konnten sich in folgende Fleischkonsum-Kategorien einteilen:

- Kategorie 1: Vegetarier
- Kategorie 2: Sehr selten Fleischkonsum
- Kategorie 3: Mindestens 3x pro Woche Fleischkonsum
- Kategorie 4: Jeden Tag Fleischkonsum
- Kategorie 5: Zu jeder Mahlzeit Fleischkonsum

Die Teilnehmer der Umfrage konnten sich in folgende Einkommensklassen einteilen:

- Klasse 1: $\leq 10'000$ CHF
- Klasse 2: 10'001-20'000 CHF
- Klasse 3: 20'001-50'000 CHF
- Klasse 4: 50'001-100'000 CHF
- Klasse 5: $> 100'000$ CHF

Der Wasserfussabdruck wurde pro Gruppe und Kategorie berechnet und die Ergebnisse wurden miteinander verglichen und auf Unterschiede untersucht.

Die Fleischkonsumenten-Kategorie 5 wurde nicht in die Analyse mit einbezogen, da diese lediglich vier Personen beinhaltete. Aufgrund dieser kleinen Anzahl wurde angenommen, dass diese Erhebung für die Kategorie 5 nicht repräsentativ war.

Die Umfrage wurde über einen elektronischen Verteiler ans gesamte Geographische Institut der Universität Zürich versandt. Die Umfrage wurde 435 Mal vollständig ausgefüllt. Durch eine Rücklaufquote von 33.9 % wurde ein guter Durchschnitt der konsumierten Lebensmittel erhalten.

2.3.3 Datenauswertung

Pro erfragtes Lebensmittel wurde die durchschnittlich konsumierte Menge, d.h. Anzahl Portionen eines Lebensmittels pro Person und Jahr, berechnet. Zuvor wurden die Ausreisser eruiert, welche nicht in die Berechnung mit einbezogen wurden. Als Ausreisser wurden alle Werte definiert, die sich ausserhalb des Mittelwertes plus zweifacher Standardabweichung (96.6 % aller Werte) befanden (Gl. 1). Es wurden nur die Ausreisser nach oben korrigiert. Die unteren Werte (Ausreisser nach unten) wurden beibehalten. Der Grund dafür ist, dass es durchaus realistisch ist, dass jemand ein aufgelistetes Produkt nie konsumiert.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{X})}{(n-1)}} \quad (1)$$

Nachdem die Ausreisser eruiert und gelöscht wurden, konnte der Mittelwert der übrigen Werte berechnet werden (Gl. 2). Das Resultat davon war die Anzahl konsumierter Portionen pro Person und Woche.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Für die Umrechnung der durchschnittlich konsumierten Portionen pro Kopf und Woche in eine Gewichtseinheit, welche für die weiteren Berechnungen des Wasserfussabdruckes notwendig war, wurden die von der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE, 2011, Internet) empfohlenen Mengen einer konsumierten Portion verwendet (Anhang B). Diese Angaben wurden der Homepage der erwähnten Gesellschaft entnommen. Eine fertige Liste existierte nicht als Gesamtheit. Die Informationen mussten selber zusammen getragen werden.

Tabelle 5: Beispielrechnung Wasserfussabdruck von Kartoffeln

	Kartoffeln	Anteil [%]
Portionen pro Kopf pro Woche	1.82	
Portionengrösse [g]	240.00	
Gramm pro Kopf pro Woche	436.84	
Kilogramm pro Kopf und Jahr	22.72	
Wasser für 1kg Kartoffeln im Ausland	157.43	Ausland 8.27
Wasser für 1kg Kartoffeln in der Schweiz	92.21	Inland 91.73
Wasser für Produktion Kartoffeln Total [l]	2217.20	

Wie Tab. 5 zeigt, wurde für die Berechnung in eine Gewichtseinheit der berechnete Mittelwert der Portionen eines Lebensmittels mit der zugehörigen Grammangabe multipliziert. Das Resultat zeigte die konsumierte Menge eines bestimmten Lebensmittels in Gramm pro Kopf und Woche. Da der Wasserfussabdruck pro Jahr angegeben wird, musste diese Menge auf ein Jahr hochgerechnet

werden. Dies ergab eine Menge mit der Einheit Kilogramm pro Person und Jahr. Diese Mengeneinheit wurde mit den benötigten Wassermengen für die Produktion eines Lebensmittels verrechnet. Dadurch wurde der Wasserfussabdruck eines bestimmten Lebensmittels erhalten. Die Einheit des Wasserfussabdruckes ist in Litern oder in m^3 angegeben. Bei der Berechnung wurde beachtet, dass einige Produkte in der Schweiz angebaut werden. Die Angaben zum Wasserverbrauch der einzelnen Produkte wurden jeweils in Ausland und Inland aufgeteilt. In der vorhergehenden Tabelle ist dies an den zwei Werten für Wasser zu erkennen. Die Gewichtung des Konsums nach dem Herkunftsland wurde anhand der Import-, Export- und den Eigenproduktionsdaten des Kantons Zürich berechnet. Die konsumierte Menge aus dem Inland wurde aus der Eigenproduktion im Kanton Zürich abzüglich des Exports berechnet. Die Importzahlen wurden für die aus dem Ausland konsumierte Menge angewendet.

Jährlicher interner Wasserfussabdruck eines Produktes = Anzahl Portionen * Portionengrösse * 52 /1000 * Wassermenge eines Produktes im Inland * Faktor Inland

Der Faktor Inland beinhaltet die Gewichtung nach Inland und Ausland. Beispielsweise bei den Kartoffeln waren knapp 92 % aus der Schweiz und 8 % aus dem Ausland. Dies ergab einen Faktor Inland von 0.92 %.

Einige Fragen zielten nicht direkt auf das befragte Produkt, sondern auf einen bestimmten Inhaltsstoff ab. Beispielsweise die Berechnung der Zuckermengen wurde folgendermassen durchgeführt: In der Umfrage wurde nach verschiedenen Lebensmitteln gefragt, welche Zucker enthalten. Dazu gehörten beispielsweise zuckerhaltige Limonade, diverse Süssspeisen, wie Torten oder Kuchen, Nussgipfel oder ähnliches, zuckerhaltiges Müesli und Schokolade (Anhang A: Fragen 22-26). Von diesen Lebensmitteln existierten ebenfalls Angaben für durchschnittliche Zuckermengen auf der Homepage der SGE. Diese waren in Gramm Zucker pro Portion angegeben. Die Anzahl konsumierter Portionen wurden wiederum mit der entnommenen Zuckermenge multipliziert und mit demselben Verfahren, wie bereits beschrieben, auf Mengen pro Kopf und Jahr umgerechnet. Das Endresultat war die gesamte konsumierte Menge an Zucker pro Kopf und Jahr.

Die Angaben zur Schokolade wurden nebst den Berechnungen des Zuckergehaltes auch für den Kakaokonsum ausgewertet. Es wurde davon ausgegangen, dass eine Schokolade durchschnittlich 20 % Kakaanteil aufweist. Bei dem Getränk Schokolade wurde mit 14 g Kakao pro Tasse gerechnet und einem Kakaogehalt von 45 %.

Für die Umrechnung des Öls in Wasser wurde angenommen, dass alles Öl aus Sonnenblumenkernen hergestellt wird. Die Ausbeute bei der Ölgewinnung beträgt 40 % (Reissner, 2008). Daraus wurde die Menge Sonnenblumenkerne (2.5 kg) für 1 Liter Öl berechnet. Für die Berechnungen des Brotes

wurde damit gerechnet, dass aus 1 kg Weizen 700 g Mehl produziert werden. Dies ergibt wiederum 1 kg Brot.

2.4 Berechnung des virtuellen Wassers in Lebensmitteln

Der virtuelle Wassergehalt von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln wird unterschiedlich berechnet. CropWat bietet die Möglichkeit den Wasserbedarf von Pflanzen zu berechnen. Anhand der resultierenden Daten kann in einem weiteren Schritt der Anteil an blauem und grünem Wasser einer Pflanze bestimmt werden. Die Berechnung des virtuellen Wassergehalts tierischer Produkte ist um einiges komplizierter und kann nicht direkt mit CropWat berechnet werden.

2.4.1 Berechnung des virtuellen Wassergehalts von Pflanzen mit CropWat

Das Bodenwasserhaushaltsmodell CropWat (Version 8.0) wurde von der FAO entwickelt, um die Planung der Bewässerung in der Landwirtschaft zu unterstützen (Marcia, 2011, Internet; Molua und Lambi, 2006). Das Modell besteht aus zwei homogenen Komponenten. Die eine repräsentiert die Vegetation und die andere den Boden. Zwischen diesen zwei Komponenten und der Atmosphäre werden vertikale Wasserflüsse simuliert. Die Berechnung der notwendigen Bewässerung verschiedenster Pflanzen mit dem Modell basiert auf mehreren Parametern. Im Folgenden werden das Modell CropWat sowie die Beschaffung und die Herkunft der Parameter erläutert.

2.4.1.1 Das Programm CropWat

CropWat dient hauptsächlich dazu den Wasserbedarf einer Pflanze während ihrer gesamten Wachstumsphase zu bestimmen und gleichzeitig einen Bewässerungsplan zu erstellen. Das Modell ermöglicht einen Vergleich des Wasserbedarfs einer Pflanze zu unterschiedlichen Jahreszeiten und an unterschiedlichen Orten. Es kann auch der Wasserbedarf unterschiedlicher Pflanzen unter denselben klimatischen Bedingungen verglichen werden.

Der Wasserbedarf einer Pflanze entspricht der Evapotranspiration (ET_c). Das Modell berechnet die ET_c anhand einer Referenz-Evapotranspiration (ET_o) und einem pflanzenspezifischen Faktor (K_c). Die Gleichung lautet folgendermassen:

$$ET_c = K_c * ET_o \text{ [mm d}^{-1}\text{]} \quad (3)$$

Die ET_o wird mit der Penman-Monteith Methode berechnet. Diese beinhaltet sowohl biotische als auch klimatische Parameter. Die biotischen Parameter werden aus einer hypothetischen Referenzpflanze abgeleitet und die klimatischen Parameter sind durch das jeweilige Lokalklima gegeben. Da nur die klimatischen Parameter variieren, wird die ET_o zu einem rein klimatischen Parameter. Für die Berechnung der ET_o werden Daten zur Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Strahlung benötigt.

Der Kc Parameter erlaubt eine Differenzierung einer spezifischen Pflanze von der Referenzpflanze. Der Unterschied zwischen zwei Pflanzen ist primär durch die Pflanzenhöhe, die Albedo der bewachsenen Bodenoberfläche, den Vegetationswiderstand und die Evaporation von nicht bewachsenen Teilen der Vegetationsfläche gegeben.

Der anhand der Gl. 3 berechnete Wasserbedarf einer Pflanze wird mit Niederschlag und falls notwendig mit Bewässerung (Irrigation requirement) gedeckt (Gl. 4). Die Bewässerung soll dabei so hoch sein, dass die Pflanze nicht unter Wasserstress steht. Es ist zu beachten, dass nicht der gesamte Niederschlag pflanzenverfügbar ist, sondern ein Teil davon durch Abfluss und Perkolatation verloren geht. Der pflanzenverfügbare Niederschlag wird effektiver Niederschlag (Effective rain) genannt und kann mit verschiedenen Methoden abgeschätzt werden. In CropWat wird standardmässig die USDA Soil Conservation Service Methode verwendet.

$$ETc = \text{Effective rain} + \text{Irrigation requirement} \quad (4)$$

Die ETc wird für Pflanzen mit optimalen Wachstumsbedingungen berechnet. Da die Pflanzen krankheitsfrei sind, genügend Nährstoffe zur Verfügung haben und unter optimalen Wasserbedingungen sowie grossflächig wachsen, erreichen sie ihre volle Produktion (Allen et al., 1998).

Produkte-Parameter

Produkte-Parameter sind Parameter, welche benötigt werden, um ein Produkt in CropWat zu berechnen oder um ein neues Produkt zu erstellen. Der einzelne Produkte-Parameter variiert je nach Wachstumsphase der Pflanze. In der folgenden Erläuterung der einzelnen Produkte-Parameter werden für die verschiedenen Wachstumsphasen Abkürzungen verwendet: Initialphase (I), Entwicklungsphase (E), mittlere Phase (M) und späte Phase (S). Die Beschreibung der Produkte-Parameter wurde dem Help-Menu von CropWat (FAO, 2010a) entnommen. Dieses stützt sich vorwiegend auf FAO Berichte (Doorenbos und Kassam, 1979; Allen et al., 1998).

Pflanzungsdatum: Das Pflanzungsdatum (Pd) bezieht sich auf den Zeitpunkt, zu dem eine Pflanze ausgesät wird. Dieser Zeitpunkt wird vorwiegend durch das vorherrschende Klima bestimmt. In temperierten Klimaten ist die Temperatur der dominierende Faktor. In tropischen Regionen hängt das Pflanzungsdatum hingegen vor allem vom Beginn der Regenzeit ab.

Erntedatum: Das Erntedatum bezeichnet den Zeitpunkt der Ernte. Es ergibt sich aus dem Pflanzungsdatum und den Wachstumsphasen.

Pflanzenkoeffizient: Der Pflanzenkoeffizient (Kc) dient dazu, eine spezifische Pflanze von der Referenzpflanze zu unterscheiden. Der Unterschied zwischen den beiden Pflanzen kommt

vorwiegend durch die Pflanzenhöhe, die Albedo, den Vegetationswiderstand und die Evaporation vom Boden zu Stande.

Wachstumsphase: Die Wachstumsphase (L) wird in CropWat in vier einzelne Phasen eingeteilt. Die Initialphase (I) startet von der Aussaat und endet ungefähr bei einer Bodenbedeckung von 10 %. Die anschliessende Entwicklungsphase (E) dauert bis zur vollständigen Bodenbedeckung. Diese fällt oft mit dem Zeitpunkt der Blüte zusammen. Die mittlere Wachstumsphase (M) beinhaltet die Zeitspanne zwischen Blüte und Reife der Pflanze. Die Reife zeigt sich oft in der Verfärbung oder dem Verlust von Blättern sowie dem Braunwerden der Früchte. Die vierte Wachstumsphase wird späte Wachstumsphase (S) genannt. Sie dauert von der Reife bis zur vollständigen Seneszenz. Das Pflanzungsdatum einer Pflanzenart ist je nach klimatischer Region anders.

Wurzeltiefe: Die Wurzeltiefe (Zr) ist ein Mass dafür, wie gut eine Pflanze den Wasservorrat eines Bodens nutzen kann. Sie ändert im Verlauf des Pflanzenwachstums. Während der Initialphase liegt die Wurzeltiefe eines Setzlings normalerweise bei 0.25-0.30 m. Bis zum Beginn der mittleren Wachstumsphase steigt die Wurzellänge an und hat bei Feldpflanzen meist einen Wert zwischen 1 und 1.4 m. Gemüse erreicht eine Wurzeltiefe von 0.5-1.0 m.

Kritischer Stresspunkt: Der kritische Stresspunkt (p) steht für das Niveau bei dem die Bodenfeuchtigkeit unter einen kritischen Wert fällt und die Evapotranspiration sowie das Wachstum der Pflanze beeinträchtigt sind. Der p-Faktor wird durch das total verfügbare Wasser berechnet.

Ertragsfaktor: Der Ertragsfaktor (Ky) zeigt den Zusammenhang zwischen dem Ernteertrag und dem für die Pflanze verfügbarem Wasser. Pflanzen, welche unter Wasserstress leiden, haben eine tiefere Evapotranspiration. Die Abnahme der Evapotranspiration führt zu einem verminderten Pflanzenwachstum und somit zu einem geringeren Ernteertrag.

Pflanzenhöhe: Die Pflanzenhöhe (m) wird verwendet, um Situationen zu berücksichtigen, welche nicht Standard gemäss sind. Solche Situationen liegen unter anderem vor, wenn die relative Luftfeuchtigkeit stark von 45 % abweicht oder wenn die Windgeschwindigkeit kleiner bzw. grösser als 2 m s^{-1} ist.

2.4.1.2 Herkunft der Daten für die Berechnungen in CropWat

Klima / Evapotranspiration und Regen: Die Berechnungen in CropWat setzen eine Vorkenntnis der klimatischen Bedingungen im Produktionsland voraus.

In einem ersten Schritt mussten die Hauptimportländer einer klimatischen Region zugeteilt werden. Zur Auswahl stehen aufgrund von Chapagain und Hoekstra (2004) die Tropen, die Subtropen mit Sommerregen, die Subtropen mit Winterregen, das ozeanische Klima, das subkontinental und

kontinental temperierte Klima, das subkontinental und kontinental boreale Klima sowie das polare oder arktische Klima. Die Zuteilung der Hauptimportländer in eine der vorgeschlagenen klimatischen Regionen erfolgte anhand von Forkell (2008, Internet) (Tab.6).

In einem zweiten Schritt musste das Anbauggebiet eines Produkts im jeweiligen Hauptimportland festgelegt werden. Die Informationen zum Anbauggebiet stammen aus verschiedenen Quellen (Anhang C) Für jedes Produkt wurden drei Klimastationen im Anbauggebiet des jeweiligen Hauptimportlandes ausgewählt (Tab. 6). Das Programm ClimWat (Version 2.0) der FAO (2010b) bietet von verschiedenen Ländern mehrere Klimastationen mit deren registrierten Werten an. Einzig für Österreich enthält ClimWat nur eine Klimastation. Zur Ergänzung wurden daher zwei Klimastationen aus der Grenzregion zu den Nachbarländern Deutschland und Ungarn gewählt.

Tabelle 6: Die Hauptimportländer mit den entsprechenden Klimazonen und den verwendeten Klimastationen.

Land	Klimazone	Klimastation 1	Klimastation 2	Klimastation 3
Ägypten (ET)	Suptrop. Winterregen	Ismaila	Tahrir	Sakha
Brasilien (BR)	Tropisch	Pocos-de-Caldas	Ivai	Jacobina
Brasilien (BR)	Tropisch	Vera-Gleba-Celeste	Encruzilhada do Sul	Ivai
China (RC)	Subkont. temperiert	Fujin	Nenjiang	Tonghe
Deutschland (D)	Subkont. temperiert	Nürnberg	Hannover	Lübeck
Ecuador (EC)	Tropisch	Chone	Portoviejo Granja	Balzar-C-Robusta
Frankreich (F)	Subkont. temperiert	Lille	Rouen	Reims
Ghana (GH)	Tropisch	Saltpond	Sefwi Bekwai	Ho
Indonesien (RI)	Subkont. temperiert	Jayapura-Sentani	Palmebang-Talangbetutu	Sawahan
Israel (IL)	Suptrop. Winterregen	Beer-Sheva	Ben-Gurion	Jerusalem
Italien (I)	Suptrop. Winterregen	Siracusa	Enna	Bari-Palese-Macchie
Kenya (EAK)	Tropisch	Subukia	Kisii	Maralal
Marokko (MA)	Suptrop. Winterregen	Meknes	Tanger	Rabat
Österreich (A)	Subkont. temperiert	Feldkirch	Passau (Deutschland)	Szombathely (Ungarn)
Schweiz (CH)	Subkont. temperiert	Zürich-Kloten	Zürich-Kloten	Zürich-Kloten
Spanien (E)	Suptrop. Winterregen	Sevilla-Tablada	Valencia	Murcia
Südafrika (ZA)	Subkont. temperiert	Montagu	Sutherland	Calvinia
Thailand (T)	Tropisch	Bangkok	Roi-Et	Udon-Thani

Pflanze: Das Programm CropWat enthält mehrere vordefinierte Pflanzen. Es sind jedoch nicht alle Nahrungsmittel aus Tab. 4 als Pflanze vorhanden. Die Produkte Apfel, Birne, Kakao, Kaffee, Tee und Palmpflanze fehlen im Programm. Sie mussten für die Berechnungen vorerst definiert werden. Die restlichen Produkte, von denen der Wasserfussabdruck berechnet wurde, sind in CropWat enthalten und wurden von der Vorlage ohne Abänderung übernommen.

Pflanzenkoeffizienten, Wurzeltiefe und Pflanzenhöhe: Die Werte der drei Produkte-Faktoren sind von Allen et al. (1998) (Tab. 8).

Wachstumsphasen: Die Daten zu den Wachstumsphasen je nach klimatischer Region stammen aus dem Bericht von Chapagain und Hoekstra (2004).

Pflanzungsdatum: Chapagain und Hoekstra (2004) geben für eine Vielzahl von Pflanzen das Pflanzungsdatum an, welches je nach klimatischer Region zu einem anderen Zeitpunkt ist. Das Pflanzungsdatum wird für die Nordhalbkugel angegeben. Die Produkte Birne und Apfel aus Südafrika sowie der Kaffee aus Brasilien werden in sehr südlichen Regionen angebaut. Das von Chapagain und Hoekstra (2004) vorgeschlagene Pflanzungsdatum musste daher um sechs Monate verschoben werden (Tab. 7 und 8).

Tabelle 7: Pflanzungsdatum der in CropWat enthaltenen Lebensmittel.

Produkt	Saatzeit	Produkte	Saatzeit
Traube (IT)	15.04.	Weizen (CH)	01.03.
Traube (CH)	01.04.	Reis (T)	15.05.
Zitrus (E)	15.01.	Mais (A)	15.05.
Banane (EC)	01.02.	Mais (CH)	15.05.
Tomate (MA)	15.01.	Soja (BR)	01.12.
Tomate (CH)	20.05.	Zucker (F)	15.05.
Kartoffeln (IL)	15.03.	Zucker (CH)	15.05.
Kartoffeln (CH)	01.05.	Erdnuss (ET)	15.04.
Weizen (D)	01.03.	Sonnenblume (RC)	15.11.

Kritischer Stresspunkt: Werte zum kritischen Stresspunkt sind in Allen et al. (1998) enthalten. Sie gelten für eine Evapotranspiration von 5 mm d^{-1} . Die Berechnung des kritischen Stresspunkts für eine spezifische Evapotranspiration kann nach Allen et al. (1998) folgendermassen gemacht werden:

$$p = p_{FAO} + 0.004 * (5 - ET_c) \quad (5)$$

Dabei ist p der kritische Stresspunkt, p_{FAO} der kritische Stresspunkt aus Tab. 22 von Allen et al. (1998), ET_c die pflanzenspezifische Evapotranspiration und K_c der Pflanzenkoeffizient. Die ET_c wurde mithilfe der Gl. 4 berechnet. Die dabei verwendeten Werte zur Referenz-Evapotranspiration sind in Chapagain und Hoekstra (2004) für einen Grossteil der Länder aufgelistet. Für die Berechnung des

kritischen Stresspunkts (Tab. 8) wurde der Jahresdurchschnitt der Referenz-Evapotranspiration verwendet.

Ertragsfaktor: Der Bericht *Irrigation and Drainage Paper No. 33* von Doorenbos und Kassam (1979) enthält für die in CropWat enthaltenen Pflanzenarten Werte zum Ertragsfaktor. Der Bericht enthält auch eine detaillierte Beschreibung zur Berechnung des Ertragsfaktors. Aufgrund der Komplexität dieser Berechnung wurde der monatliche Erntefaktor für die nicht definierten Produkte anhand eines Durchschnitts vorhandener Werte berechnet. Als Grundlage zur Berechnung dieses Durchschnitts wurden die Werte der Produkte aus Tab. 4 verwendet. Der Wert des Erntefaktors von Reis wurde nicht in die Berechnung mit einbezogen. Der Grund liegt darin, dass Reis im Gegensatz zu allen anderen Produkten nass angebaut wird und somit für trocken angepflanzte Produkte nicht repräsentativ ist. Tab. 8 zeigt die berechneten Werte des Ertragsfaktors.

Tabelle 8: Produkteparameter der neu definierten Lebensmittel.

Faktoren und Parameter	Apfel (CH)	Apfel	Birne (CH)	Birne	Kaffee	Kakao	Tee	Palm-pflanze
Pflanzungsdatum	15.01.	15.07.	15.01.	15.07.	15.05.	15.05.	15.02.	15.02.
Pflanzenkoeffizient Initialphase (IP)	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1.05	0.95	0.95
Pflanzenkoeffizient mittlere Phase (MP)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.05	1.1	1	1
Pflanzenkoeffizient späte Phase (SP)	0.95	0.95	0.95	0.95	1.05	1.1	1	1
Wachstum IP [d]	60	60	60	60	120	120	120	120
Wachstum Entwicklungsphase [d]	90	90	90	90	60	60	60	60
Wachstum MP [d]	120	120	120	120	180	180	180	180
Wachstum SP [d]	95	95	95	95	5	5	5	5
Wurzeltiefe IP [m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Wurzeltiefe SP [m]	2	2	2	2	1	1.5	1.5	1.1
Kritischer Stresspunkt IP	0.69	0.65	0.69	0.65	0.34	0.50	0.41	0.73
Kritischer Stresspunkt MP	0.57	0.42	0.57	0.42	0.32	0.44	0.46	0.72
Kritischer Stresspunkt SP	0.66	0.57	0.66	0.57	0.33	0.49	0.40	0.72
Kritischer Stresspunkt für ETc 5 mm (pFAO)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.65
Ertragsfaktor IP	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ertragsfaktor EP	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ertragsfaktor MP	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Ertragsfaktor SP	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Ertragsfaktor Gesamt	1	1	1	1	1	1	1	1
Pflanzenhöhe[m]	4	4	4	4	3	3	1.5	8

2.4.2 Berechnung des blauen und grünen virtuellen Wassergehalts von Pflanzen

Die Berechnung des blauen und grünen Wassers kann anhand der Gl. 3 und Gl. 4 gemacht werden:

Das blaue Wasser, welches in einem pflanzlichem Produkt steckt, ergibt sich aus der Summe der über die ganze Wachstumsphase hinaus notwendigen Bewässerungsmenge.

Das grüne Wasser wird mit CropWat nicht direkt berechnet. Zu Zeiten mit Bewässerung kann das grüne Wasser mit dem effektiven Regen gleichgesetzt werden. Findet während einer Dekade (10 Tage) keine Bewässerung statt, kann der gesamte Wasserbedarf einer Pflanze mit Regenwasser gedeckt werden. Meist fällt mehr Niederschlag als die Pflanze verwenden kann. In diesem Fall ist das grüne Wasser nur der Anteil des effektiven Regens, welcher auch tatsächlich durch die pflanzenspezifische Evapotranspiration benötigt wird. Das grüne und blaue virtuelle Wasser wurde für jedes Produkt mit drei verschiedenen Klimastationen berechnet. Die Werte des blauen und grünen Wassers wurden gemittelt, um einen durchschnittlichen Wert zu erhalten. Die Summe aus dem mittleren grünen und mittleren blauen virtuellen Wasser ergab den totalen Wasserfussabdruck einer Pflanze.

2.4.3 Der Wasserfussabdruck einer Pflanze

Mit Hilfe von CropWat wurde das zum Wachstum benötigte Wasser, aufgeteilt in verfügbares Bodenwasser (grünes Wasser) und Bewässerungswasser (blaues Wasser) pro Hektare (mm ha^{-1}) berechnet. Um mit diesen Werten weiterrechnen zu können, wurde der Wasserfussabdruck pro Gewicht (l kg^{-1}) benötigt. Der endgültige Wasserfussabdruck der Pflanze wurde dann mit Hilfe der durchschnittlichen Ernteerträge (hg ha^{-1}) pro Land berechnet. Diese Werte stammen aus dem Bericht von Chapagain und Hoekstra (2004). Bei der Umrechnung wurden die Werte des grünen und blauen Wassers mit den Ernteerträgen der Pflanze aus dem jeweiligen Herkunftsland multipliziert.

2.4.4 Berechnung des virtuellen Wassergehalts von tierischen Produkten

Der virtuelle Wassergehalt tierischer Lebensmittel wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. Die Nahrungsmittelumwandlungs-Effizienz eines Tieres, die Nahrungsmittelzusammensetzung und die Herkunft der Nahrungsmittel bestimmen den virtuellen Wassergehalt massgebend (Mekonnen und Hoekstra, 2010). Die Berechnung des virtuellen Wassergehalts tierischer Produkte setzt voraus, dass zu den drei genannten Hauptfaktoren Daten vorhanden sind. Zur Vereinfachung wurde in diesem Projekt der virtuelle Wassergehalt der tierischen Lebensmittel von Mekonnen und Hoekstra (2010) übernommen.

2.5 Produktion von landwirtschaftlichen und tierischen Produkten im Kanton Zürich

2.5.1 Pflanzliche Produkte

Von den betrachteten pflanzlichen Produkten wurden nur neun im Kanton Zürich angebaut. Zur Bestimmung derer Produktionsmengen, wurde die Anbaufläche der einzelnen Produkte mit dem zu erwartenden Ertrag pro Hektare multipliziert. Die Angaben zu den verwendeten Anbauflächen im Kanton Zürich für das Jahr 2009 stammten einerseits vom Schweizerischen Bauernverband und andererseits vom Amt für Landschaft und Natur (ALN), das innerhalb der Baudirektion des Kantons Zürich angegliedert ist (Abteilung Strickhof). Die zu erwartenden Erträge wurden einer umfassenden

Tabelle entnommen (Chapagain & Hoekstra, 2004b). Diese Tabelle enthielt für eine Reihe von Ländern die durchschnittlichen Ernteerträge einzelner Ackerbauprodukte (Periode 1997-2001). Für die Schweiz waren die Angaben für die hier relevanten Produkte enthalten.

2.5.2 Tierische Produkte

Vom Kanton Zürich waren nur die Bestände von Geflügel, Rind und Schwein bekannt. Von der gesamten Schweiz hingegen waren zusätzlich noch die Verkaufsgewichte der einzelnen Schlachtprodukte vorhanden. Es wurde deshalb in dieser Erhebung angenommen, dass der Anteil der geschlachteten und verkauften Tiere an den Beständen in der Schweiz proportional auf den Kanton Zürich übertragen werden können. Darauf basierend wurden die einzelnen Bestände der Tierkategorien vom Kanton Zürich mit dem Anteil der geschlachteten Tiere am Bestand der Schweiz multipliziert, um die Verkaufsgewichte für den Kanton Zürich zu erhalten. Die verwendeten Informationen stammten vom Schweizerischen Bauernverband, vom Agrarbericht 2010 und Proviande (Branchenorganisation der Schweizerischen Fleischwirtschaft).

Beim Produkt Milch war ausschliesslich die Frischmilch (standardisierte, Voll-, Mager- und Buttermilch) von Interesse. Da die benötigte Information für den Kanton Zürich ebenfalls nicht zugänglich war, wurde die Annahme getroffen, dass die durchschnittliche Zürcher Milchkuh dieselbe Milchleistung erbringt wie eine durchschnittliche Schweizer Milchkuh. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass der Anteil der Frischmilch an der Gesamtmilch im Kanton Zürich dem der Schweiz entsprach. Mit den Bestandeszahlen an Milchkühen für die Schweiz und für den Kanton Zürich sowie den Angaben zur Frischmilchproduktion in der Schweiz wurde eine Umrechnung durchgeführt, analog zur Umrechnung der Fleischproduktion. Die dazu benötigten Daten stammten vom Schweizerischen Bauernverband (SBV) und vom Bundesamt für Statistik.

3 Resultate

3.1 Umfrage

Die Resultate der Umfrage wurden verwendet, um einen Vergleich des Wasserfussabdruckes zwischen verschiedenen Gruppen durchzuführen. Dabei wurde analysiert, ob markante Unterschiede bestehen und worin diese Differenzen gründen.

3.1.1 Im Kanton Zürich wohnhaft vs. an anderem Ort wohnhaft

Der virtuelle Wasserfussabdruck, welcher anhand der in der Umfrage mit einbezogenen Produkte berechnet werden konnte, hat verschiedene Resultate ergeben. Da in der Auswertung einige Unsicherheiten beachtet werden mussten, wurden die Berechnungen nur für Vergleiche innerhalb der Befragung angewandt.

Der Wasserfussabdruck, welcher durch den Konsum von landwirtschaftlich produzierten Gütern erzeugt wird, wurde zwischen den im Kanton Zürich wohnhaften Personen und denjenigen, die an einem andern Ort wohnen, verglichen. Der Wasserfussabdruck ist beim totalen und beim internen bei der zweiten Gruppe jeweils etwas grösser (Abb.2). Das Verhältnis zwischen dem internen und dem externen Wasserfussabdruck bleibt bei beiden gleich.

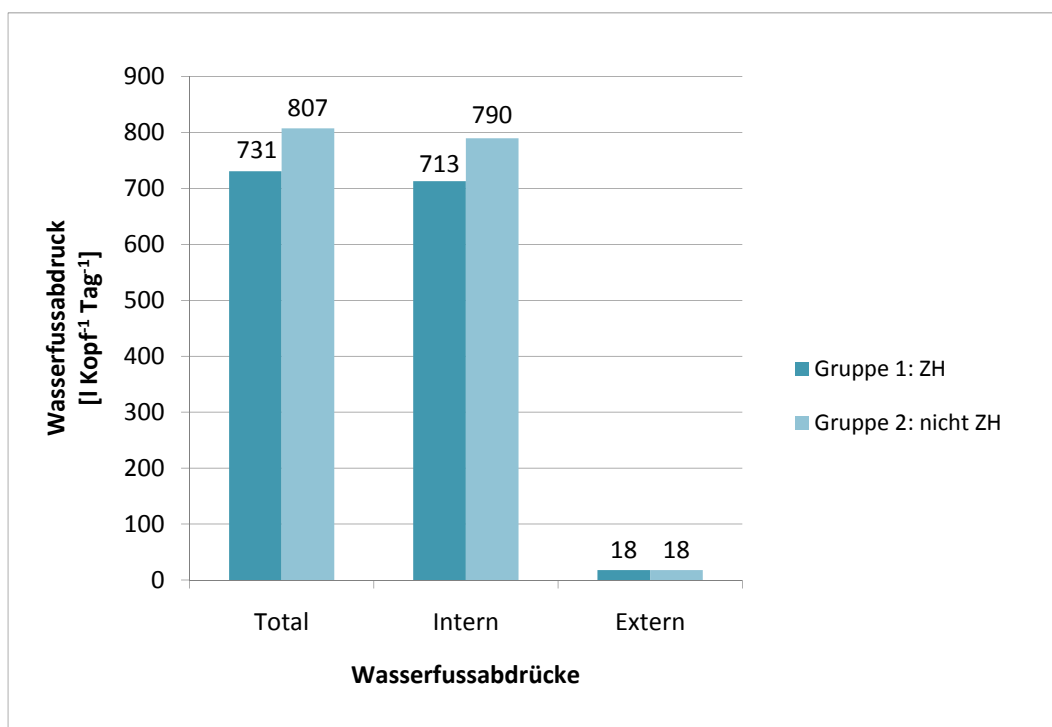


Abbildung 2: Wasserfussabdruck_{FP} der landwirtschaftlichen Produkte - Gruppen wohnhaft im Kanton Zürich vs. anderer Wohnort.

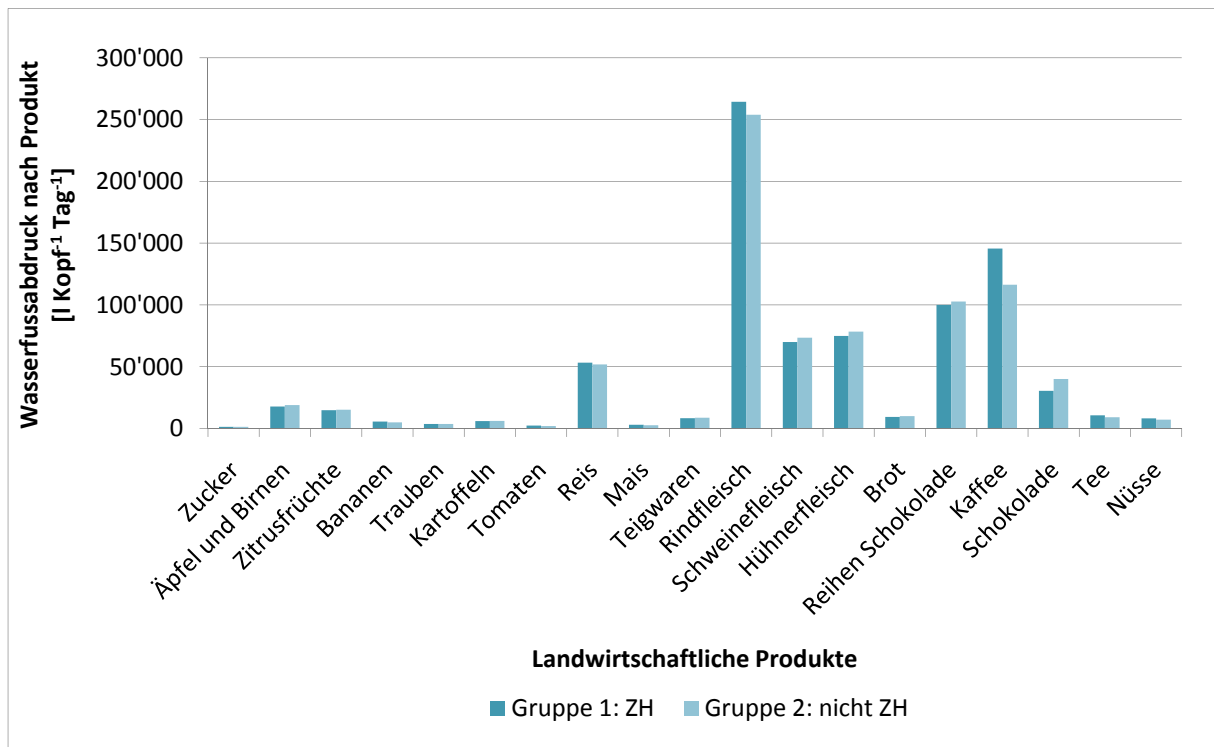


Abbildung 3: Vergleich des Wasserfussabdruckes_{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Gruppen wohnhaft im Kanton Zürich (ZH) vs. anderer Wohnort (nicht ZH).

Interessiert hat der Unterschied zwischen denjenigen Personen, die im Kanton Zürich wohnen und denjenigen, die anderswo wohnen. Spannend war dieser Vergleich auch im Hinblick darauf, ob die WWF-Studie, welche für die gesamte Schweiz berechnet wurde, mit unseren Berechnungen verglichen werden konnte. Die obenstehende Grafik zeigt den Wasserverbrauch durch den Konsum der einzelnen Produkte.

Die Unterschiede des Wasserfussabdruckes bei einem Produkt waren sehr gering. Einzig beim Kaffeekonsum konnte eine etwas grössere Differenz ausgemacht werden. Laut unseren Auswertungen wurde im Kanton Zürich mehr Kaffee konsumiert (8.9 Tassen pro Woche) als an den übrigen Wohnorten (7.1 Tassen pro Woche). Da Kaffee einen hohen Wasserverbrauch pro Kilogramm aufweist, kann diesbezüglich ein sehr unterschiedlicher Wasserverbrauch bei Kaffeekonsumenten und nicht Kaffeetrinkern festgestellt werden.

3.1.2 Einkommensklassen

Bei den Einkommen bis Klasse 4 bestehen keine deutlichen Unterschiede im totalen virtuellen Wasserfussabdruck (Abb. 4). Zwischen den Einkommensklassen 1-4 und 5 besteht jedoch ein deutlicher Unterschied im Wasserfussabdruck. Er steigt von 832 Liter auf 1'003 Liter.

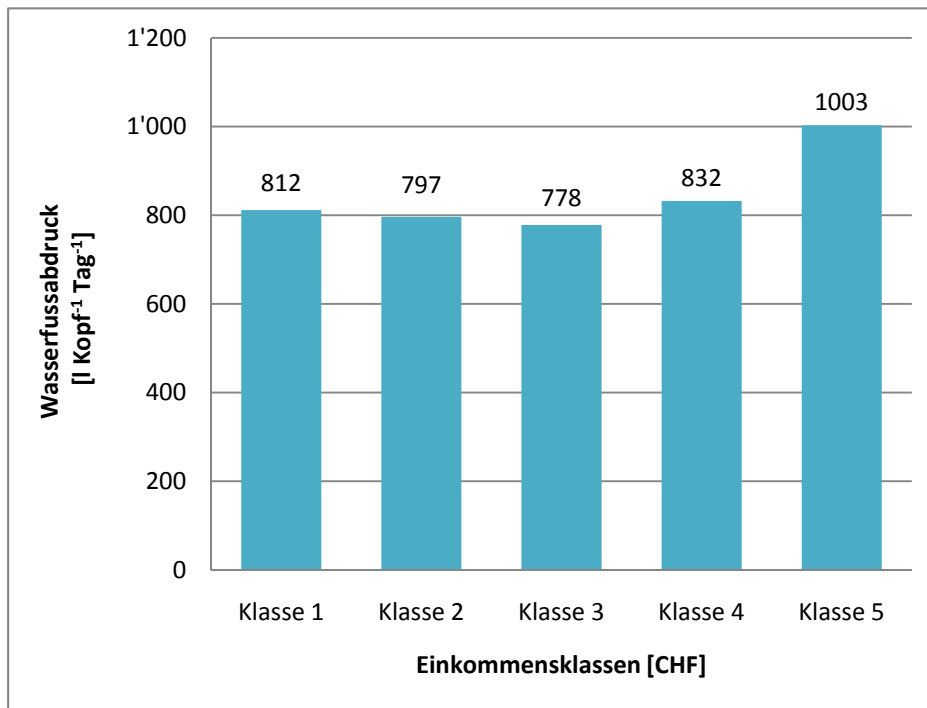


Abbildung 4: Wasserfussabdruck_{FP} der landwirtschaftlichen Produkte – Einkommensklassen.

Klasse 1: ≤ 10'000 CHF; Klasse 2: 10'001-20'000 CHF; Klasse 3: 21'000-50'000 CHF; Klasse 4: 50'001-100'000 CHF; Klasse 5: > 100'000 CHF.

Die sprunghafte Zunahme von rund 170 Liter Wasser pro Tag und Person (+21 %) kann auf unterschiedliche Gewohnheiten beim Fleisch- und Kaffeekonsum zurückgeführt werden (Abb. 5). Der Konsum von Rindfleisch machte den grössten Anteil aus. Allein hier betrug der Unterschied bereits 83 Liter, gefolgt von einem Unterschied von 71 Liter beim Kaffeekonsum. Die anderen Lebensmittelkategorien, wie z.B. Äpfel und Birnen oder auch Reis, zeigten keine markanten Unterschiede.

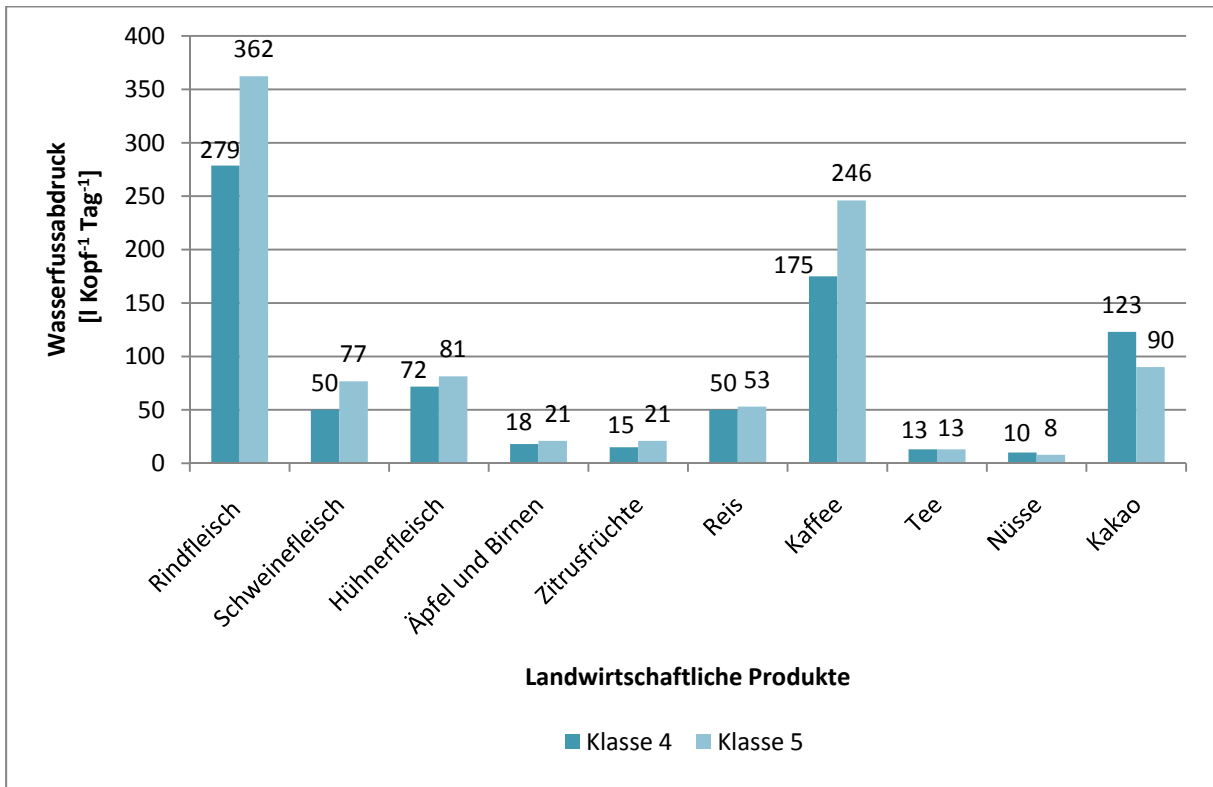


Abbildung 5: Vergleich des Wasserfussabdruckes_{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Einkommensklassen 4 und 5 (sehr kleine und gleiche Werte wurden aufgrund der Übersichtlichkeit weggelassen).

3.1.3 Fleischkonsumentengruppen

Bei den Fleischkonsumentengruppen waren die Unterschiede zwischen den Klassen mit einem deutlichen Anstieg des Wasserfussabdruckes bei steigendem Fleischkonsum beachtlich (Abb. 6).

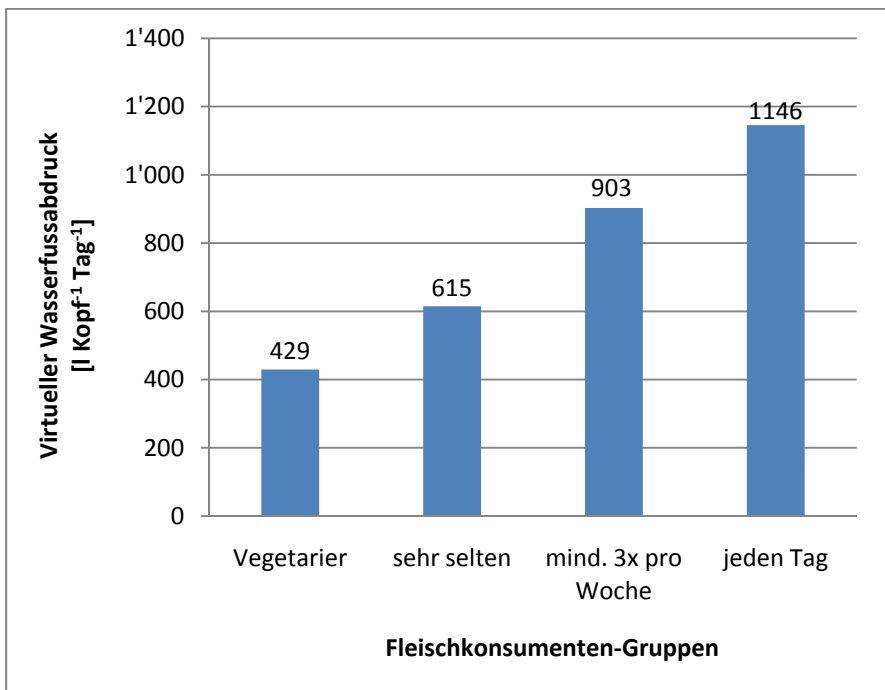


Abbildung 6: Wasserfussabdruck_{FP} der landwirtschaftlichen Produkte - Fleischkonsumenten-Kategorie.

Auch der Vergleich zwischen den Kategorien zeigt deutlich, welche Lebensmittel die ausschlaggebenden Anteile am Wasserfussabdruck ausmachten (Abb. 7). Wiederum verzeichneten die Fleischprodukte sowie Reis, Kaffee und Kakao die höchsten Anteile. Der Wasserfussabdruck der Fleischkonsum-Kategorien zeigte logischerweise markante Unterschiede, da die Kategorien den Mengen am Fleischkonsum entsprachen.

Die Kategorie ‚Vegetarier‘ wies einen deutlich höheren Wasserfussabdruck beim Tee aus. Dieser war drei Mal grösser als derjenige der Kategorie ‚jeden Tag‘. Ebenso bei den Nüssen wurde festgestellt, dass der Wasserfussabdruck bei der Kategorie ‚Vegetarier‘ beinahe das Doppelte von jenem der Kategorie ‚jeden Tag‘ betrug.

Die übrigen Lebensmittel zeigten keine markanten Unterschiede und befanden sich ungefähr auf demselben Niveau.

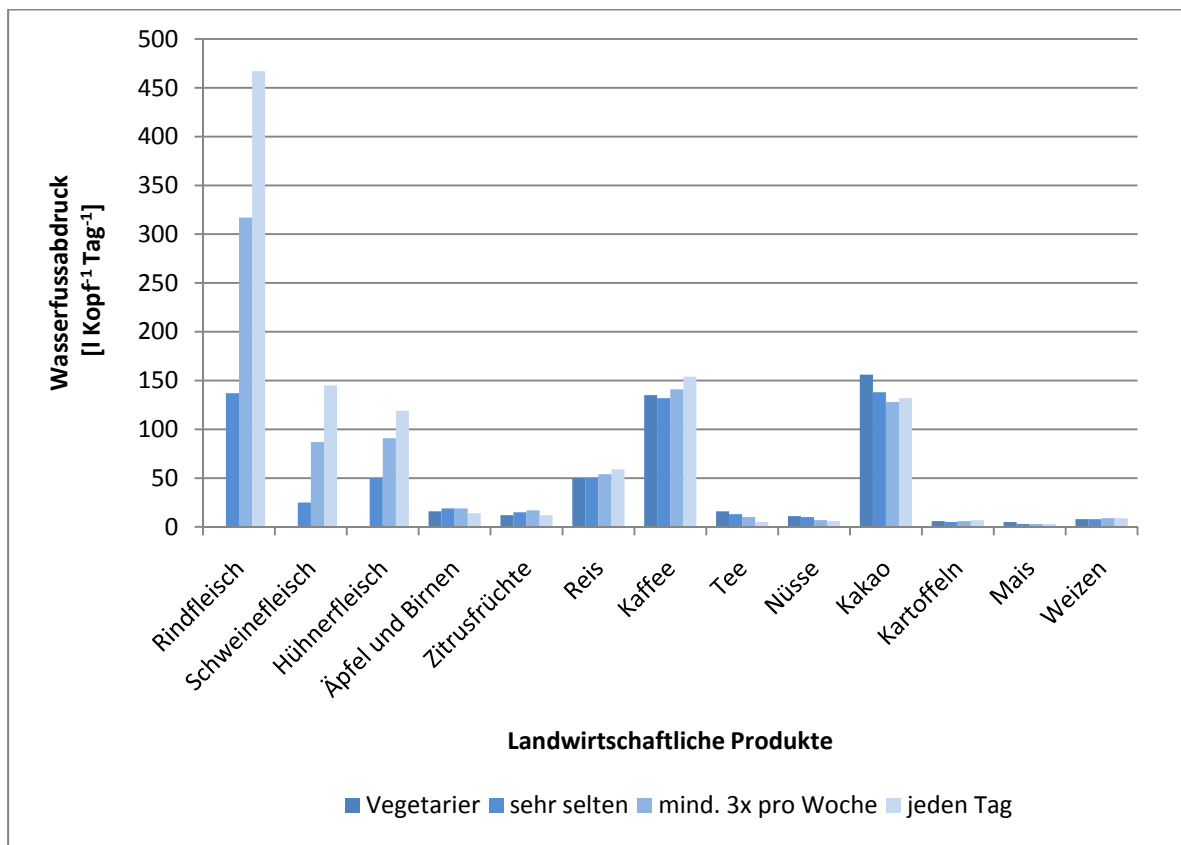


Abbildung 7: Vergleich des Wasserfussabdruckes_{FP} einzelner landwirtschaftlicher Produkte - Fleischkonsum-Kategorien (einige Lebensmittel wurden aufgrund der Übersichtlichkeit weggelassen).

3.2 Import- und Exportmengen

Aus der Auswertung der Angaben in Kilogramm ergab sich für den Import die Tab. 9 und für den Export die Abb. 8. Die Tabellen enthalten jeweils die totalen Import- respektive Exportmengen in Tonnen pro Produkt im Jahr 2009. Ausserdem wurde für den Import zusätzlich ein Hauptimportland mit dessen Anteil in Tonnen und Prozent angegeben. Für die weiteren Berechnungen wird die totale Importmenge verwendet.

Tabelle 9: Nahrungsmittelimport in den Kanton Zürich 2009 (Eidg. Zollverwaltung, 2011).

Nahrungsmittel	Import Total [t]	Hauptherkunft 2009	Menge [t]	Anteil am Total [%]
Rind	1'007	Uruguay	261	25.95
Schwein	751	Deutschland	679	90.41
Huhn	3'757	Ungarn	1'602	42.65
Milch	1.31	Niederlande	1.20	91.60
Apfel	3'377	Südafrika	591	17.51
Birne	5'080	Südafrika	2'969	58.46
Traube	4'683	Italien	638	13.64
Zitrusfrüchte	15'627	Spanien	8'567	54.82
Banane	8'049	Ecuador	1'403	17.44
Tomate	7'628	Marokko	1'160	15.22
Kartoffel	3'415	Israel	2'017	59.09
Weizen	133'503	Deutschland	37'067	27.77
Reis	6'197	Thailand	4'689	75.66
Mais	790	Österreich	617	78.16
Soja	161	Brasilien	15	9.28
Zucker	16'223	Frankreich	1'436	8.85
Kakao	1'935	Ghana	598	30.93
Kaffee	4'068	Brasilien	607	14.94
Tee	173	England (Kenya)*	5.63	3.25
Erdnuss	189	Ägypten	153	81.09
Sonnenblume	406	China	206	50.80
Palmpflanze	0.02	Holland(Indonesien)*	0.02	100.00

Für eine deutlichere Darstellung wurden die Exportmengen von Nahrungsmitteln in einem Kreisdiagramm dargestellt. Es wurden nur die Nahrungsmittel aufgeführt, die auch einen Export zu verzeichnen hatten. Dies ermöglichte einen Übersicht über die Relationen der ausgeführten Güter. Die Mengen sind in Tonnen pro Nahrungsmittel angegeben. Der grösste Export wurde durch die tierische Kategorie, respektive vor allem durch Rind und Schwein generiert. Von den pflanzlichen Produkten wurde der Apfel gefolgt von der Tomate am meisten exportiert.

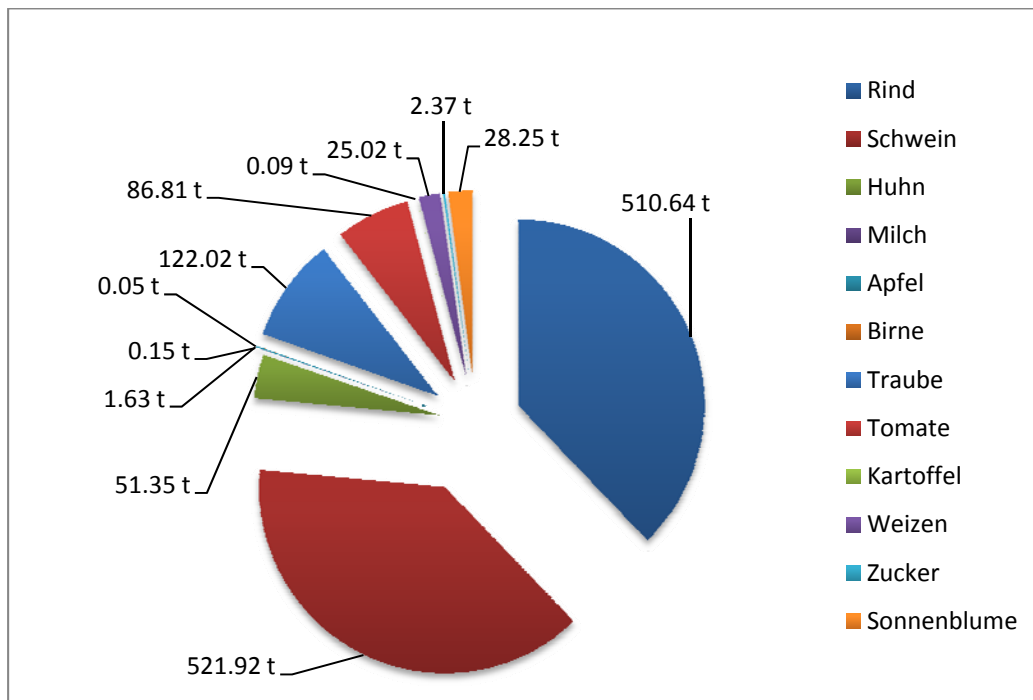


Abbildung 8: Nahrungsmittlexport in Tonnen aus dem Kanton Zürich 2009 (Eidg. Zollverwaltung, 2011).

3.3 Virtuelles Wasser in Lebensmitteln

3.3.1 Pflanzliche Lebensmittel

Tab. 10 zeigt das grüne und blaue Wasser eines Produkts für die drei ausgewählten Klimastationen des Anbaulandes in absoluten Werten. Der totale Wasserfussabdruck der verschiedenen Produkte ist in der letzten Spalte ersichtlich.

Der prozentuale Anteil des grünen und blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines Produkts je nach Herkunftsland variiert stark (Abb. 9).

Tabelle 10: Das grüne und blaue Wasser eines Produkts für die drei ausgewählten Klimastationen des jeweiligen Anbaulandes in absoluten Werten.

Produkt	Blaues Wasser [l kg ⁻¹]				Grünes Wasser [l kg ⁻¹]				WFP [l kg ⁻¹]
	Klima-stat. 1	Klima-stat. 2	Klima-stat. 3	Durchschnitt	Klima stat. 1	Klima stat. 2	Klima stat. 3	Durchschnitt	Wasser Total
Apfel (ZA)	550	518	567	545	103	102	94	100	645
Apfel (CH)	9	–	–	9	121	–	–	121	130
Birne (ZA)	651	651	672	658	124	124	111	120	778
Birne (CH)	4	–	–	4	59	–	–	59	63
Traube (IT)	187	120	41	116	331	313	406	350	466
Traube (CH)	0	–	–	0	256	–	–	256	256
Zitrus (E)	221	195	232	216	164	188	149	167	383
Banane (EC)	171	171	129	157	175	175	143	164	321
Tomate (MA)	40	20	21	27	47	18	16	27	54
Tomate (CH)	3	–	–	3	29	–	–	29	32
Kartoffel (IL)	151	121	192	155	6	13	12	10	165
Kartoffel (CH)	8	–	–	3	84	–	–	84	87
Weizen (D)	114	99	180	131	247	239	218	235	366
Weizen (CH)	20	–	–	20	415	–	–	415	434
Reis (T)	1'425	1'381	996	1'267	2'443	2'742	2'715	2'633	3'900
Mais (A)	23	97	217	112	353	295	265	304	417
Mais (CH)	31	–	–	31	313	–	–	313	344
Soja (BR)	0	437	60	249	335	1'003	1'137	825	1'073
Zucker (F)	18	15	23	19	34	34	35	34	53

Zucker (CH)	4	–	–	4	54	–	–	54	59
Kakao (GH)	21'804	8'659	14'675	15'046	23'747	32'343	33'724	29'938	44'984
Kaffee (BR)	3'776	1'005	8'664	4'481	12'614	14'276	11'594	12'828	17'309
Tee (EAK)	2'478	961	3'666	2'368	3'756	6'418	2'588	4'254	6'622
Erdnuss (ET)	2'762	2'219	1'939	2'307	9	3	15	9	2'316
Sonnenblume (RC)	493	328	208	343	1'429	1'448	1'644	1'507	1'850
Sonnenblume (CH)	94	–	–	94	1'053	–	–	1'053	1'147
Palmpflanze (RI)	75	34	163	91	676	721	699	699	789

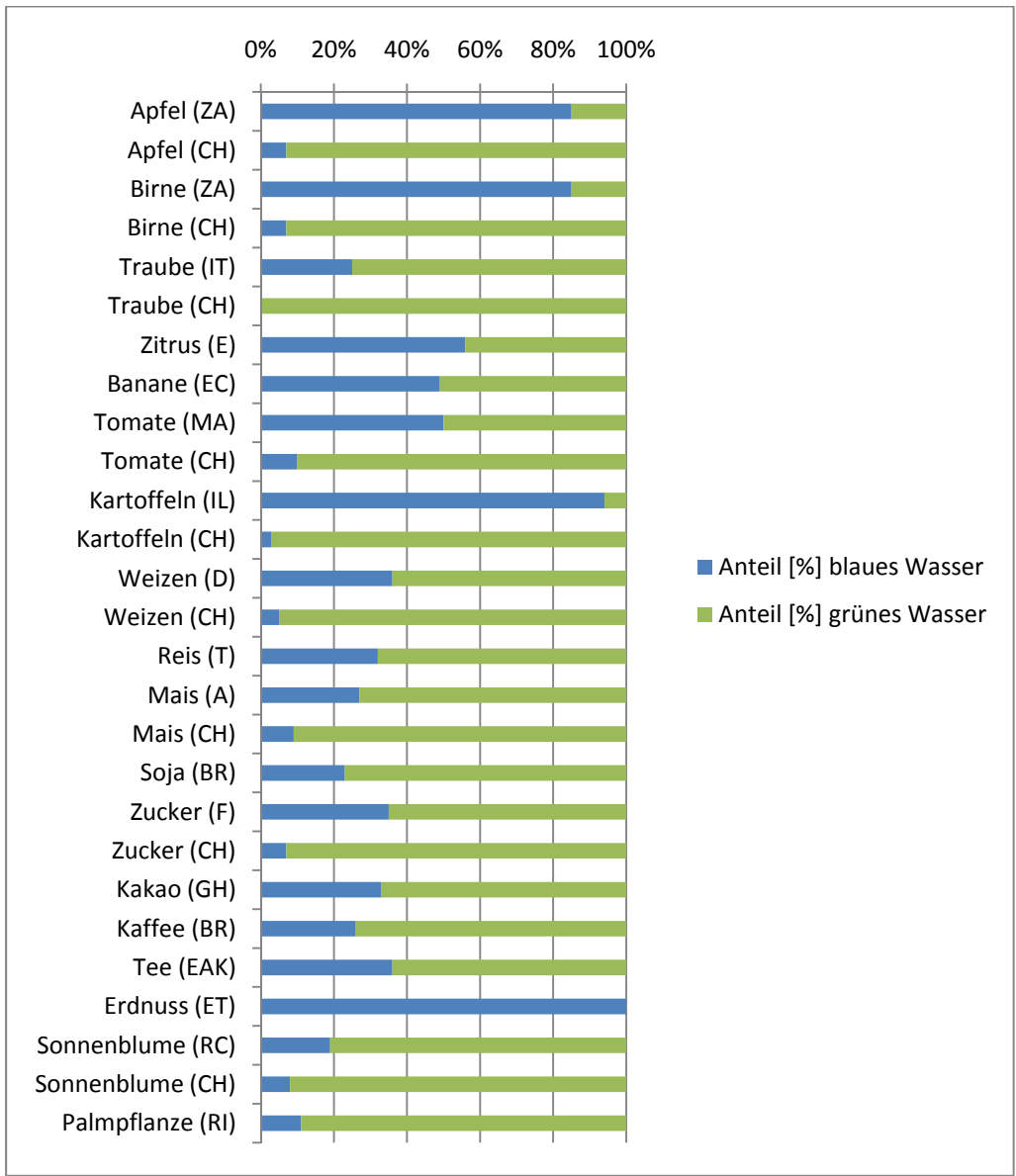


Abbildung 9: Prozentualer Anteil des grünen und blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines pflanzlichen Produkts.

3.3.2 Tierische Lebensmittel

In Tab. 11 ist das grüne und blaue Wasser eines Produkts für das jeweilige Hauptimportland in absoluten Werten dargestellt. Der totale Wasserfussabdruck der verschiedenen Produkte ist in der letzten Spalte ersichtlich.

Der prozentuale Anteil des blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines Produkts ist relativ gering (Abb. 10).

Tabelle 11: Das grüne und blaue Wasser der tierischen Produkte des jeweiligen Landes in absoluten Werten.

Produkt	Blaues Wasser [l t ⁻¹]	Grünes Wasser [l t ⁻¹]	Graues Wasser [l t ⁻¹]	WFP [l t ⁻¹]
Rind (ROU)	115	9'929	2	10'047
Rind (CH)	146	4'565	415	5'126
Schwein (D)	185	2'576	609	3'370
Schwein (CH)	272	2'870	529	3'671
Geflügel (H)	23	1'855	279	2'157
Geflügel (CH)	37	654	134	825
Milch (NL)	53	599	32	684
Milch (CH)	28	388	51	466

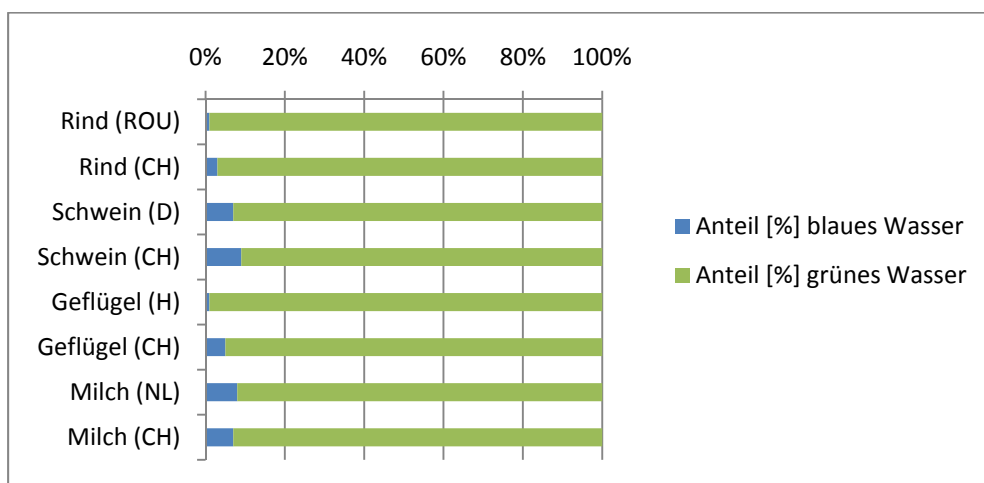


Abbildung 10: Prozentualer Anteil des grünen und blauen Wassers am totalen Wasserfussabdruck eines tierischen Produkts.

3.4 Landwirtschaftliche und tierische Produkte im Kanton Zürich

3.4.1 Pflanzliche Produkte

In Tab. 12 sind die im Kanton Zürich produzierten Mengen der einzelnen pflanzlichen Produkte aufgeführt.

Tabelle 12: Berechnete Produktionsmengen im Kanton Zürich. ^(a) Schweizerischer Bauernverband, 2011a, Internet ^(b) Schweizerischer Bauernverband, 2011b, Internet ^(c) Strickhof, 2011a, ^(d) Strickhof, 2011b).

Anbauprodukt	Anbaufläche [ha]	Ertrag [hg ha ⁻¹]	Produktionsmenge [t]
Apfel	182 ^{d)}	507'752	9'241
Birne	23 ^{d)}	1'048'007	2'410
Traube	5 ^{d)}	103'124	52
Tomate	13 ^{c)}	1'258'514	1'598
Kartoffel	940 ^{b)}	40'3092	37'891
Weizen	8'716 ^{a)}	59'349	51'729
Mais	2'342 ^{a)}	94'288	22'082
Zuckerrübe	3'214 ^{b)}	673'273	216'390
Sonnenblume	573 ^{b)}	29'119	1'669

3.4.2 Tierische Produkte

Die berechneten Mengen von im Kanton Zürich produziertem Fleisch bzw. von der produzierten Frischmilch sind in den Tab. 13 und 14 enthalten.

Tabelle 13: Berechnete Fleischproduktion im Kanton Zürich (Verkaufsgewichte). ^(a) Bundesamt für Landwirtschaft, 2010, ^(b) Proviande, 2010, Internet).

Produkt	Bestand CH	Produktion CH [t]	Bestand ZH	Produktion ZH [t]
Rind	889'742	99'200 ^{b)}	94'714	10'560
Schwein	1'557'204	181'981 ^{b)}	39'132	4'573
Huhn	8'741'117	41'726 ^{a)}	375'293	1'791

Tabelle 14: Produzierte Frischmilch für den Kanton Zürich berechnet. ^(a) Bundesamt für Statistik, 2011, ^(b) Schweizerischer Bauernverband, 2011d, Internet; Kuhbestände laut Schweizerischem Bauernverband, 2011c, Internet).

Produkt	Kuhbestand CH	Produktion CH [t]	Kuhbestand ZH	Produktion ZH [t]
Frischmilch	590'000 ^{a)}	587'422 ^{b)}	36'000 ^{a)}	35'304

3.5 Wasserfussabdruck im Kanton Zürich

Der Wasserfussabdruck ergibt sich, wie vorgängig erklärt, aus dem direkten und indirekten Wasserverbrauch wobei der indirekte Wasserverbrauch noch in den internen und externen Verbrauch unterteilt wird.

3.5.1 Direkter Wasserfussabdruck

Der tägliche mittlere Wasserverbrauch der Zürcher Bevölkerung beläuft sich pro Person auf 285 Liter (Tab. 2). Die totale Wassermenge pro Tag für die gesamte Bevölkerung des Kantons Zürich beläuft sich somit auf $383'286 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ im Jahr 2009. Dies entspricht einem jährlichen direkten Wasserfussabdruck der Zürcher Bevölkerung von $0.14 * 10^9 \text{ m}^3$ Wasser im Jahr 2009.

3.5.2 Indirekter Wasserfussabdruck

Der indirekte Wasserfussabdruck wird wie in der Methodik erläutert in Teilschritten berechnet.

3.5.2.1 Indirekter Wasserfussabdruck durch Industriegüter & Kleidung

Eine Unterteilung in den internen und externen Wasserverbrauch ist bezüglich Konsumgüter nicht möglich, da keine Informationen betreffend Herkunft und Art der Güter vorliegen. Daher wurde der indirekte Wasserverbrauch zusammengefasst berechnet.

Total werden rund 37 % des jährlichen Einkommens für die Kategorien Industriegüter und Dienstleistungen ausgegeben. 37 % von 62'377 CHF entsprechen rund 22'830 CHF, die pro Person im Kanton Zürich im Jahr 2009 für den Konsum von Industrieprodukten und einem Teil an Dienstleistungen ausgegeben wurden.

Mit der getroffenen Annahme, dass 50 Liter pro \$ verbraucht wurden kommt man bei einem Betrag von 22'830 \$ für Industrie- und Dienstleistung im Jahr 2009 auf einen Wasserverbrauch von 1'141'500 Litern pro Person und Jahr.

Im Kanton Zürich waren im Jahr 2009 1'344'866 Personen wohnhaft. Multipliziert man diese Anzahl Bewohner mit der Wassermenge, die im Jahr 2009 durch den Konsum von Industriegütern und einen Teil an Dienstleistungen entstanden ist, ergibt sich für das Jahr 2009 eine gesamte konsumierte Wassermenge von $1.53 * 10^9 \text{ m}^3$ für den indirekten Wasserverbrauch durch Industriegüter und Kleidung im Kanton Zürich.

3.5.2.2 Indirekter Wasserfussabdruck durch frische Lebensmittel

Zum indirekten Wasserverbrauch zählt weiter der Verbrauch von Wasser durch den Konsum und die Produktion von Nahrungsmittel. Die dazu benötigten Zahlen sind die totale Importmenge in den Kanton Zürich, die Produktionsmenge im Kanton Zürich und die Exportmenge aus dem Kanton Zürich

der ausgewählten Nahrungsmittel. Die Mengen in Kilogramm wurden mit dem virtuellen Wasser in Liter pro Kilogramm multipliziert. Für die Importmengen wurde das virtuelle Wasser für das Hauptimportland verwendet, für die Exportmenge die Werte, welche für die Klimastation in Zürich berechnet wurden. Die daraus resultierenden Wassermengen sind in Tab. 15 aufgeführt.

Tabelle 15: Virtueller Wasserfussabdruck_{FP} durch Nahrungsmittel im Kanton Zürich in 10^4 m^3 .

Produkt	Import [10^4 m^3]	Produktion [10^4 m^3]	Export [10^4 m^3]	Differenz Produktion – Export [10 ⁴ m ³]	Gesamter Wasserverbrauch (Import + Differenz) [10 ⁴ m ³]
Rind	1'011	4'974	240	4'733	5'745
Schwein	207	1'437	164	1'273	1'480
Huhn	705	123	3.55	120	825
Milch	0.09	1'466	0.01	1'466	1'466
Apfel	217	120	0.02	120	337
Birne	395	15	$2.83 \cdot 10^{-4}$	15.17	410
Traube	218	1.32	3.12	-1.80	216
Zitrus	598	0	0	0	598
Banane	258	0	0	0	258
Tomate	41	5.11	0.28	4.84	45
Kartoffeln	56	329	$7.64 \cdot 10^{-4}$	329	385
Weizen	4'884	2'246	1.09	2'245	7'129
Reis	2'417	0	0	0	2'417
Mais	32	759	0	759	792
Soja	17	0	0	0	17
Zucker	85	1'273	0.01	1'273	1'358
Kakao	8'705	0	0	0	8'705
Kaffee	7'041	0	0	0	7'041
Tee	114	0	0	0	114
Erdnuss	43	0	0	0	43
Sonnenblume	75	191	3.24	188	263
Palmpflanze	$16.57 \cdot 10^{-4}$	0	0	0	$16.57 \cdot 10^{-4}$

Für die Traube ergab sich eine negative Differenz von Produktionsmenge minus Exportmenge. Im Kanton Zürich wurde somit vom Produkt Traube zu wenig produziert, das heisst diese wurde importiert, um wieder exportiert werden zu können. Daraus folgt, dass die $-18'044.04 \text{ m}^3$ Wasser zum externen Wasserfussabdruck dazu gezählt wurden.

3.5.3 Gesamter Wasserfussabdruck

Der gesamte Wasserfussabdruck setzt sich aus der verbrauchten Wassermenge des direkten und indirekten Wasserverbrauchs zusammen. Der direkte Wasserverbrauch beläuft sich für den Kanton Zürich und das Jahr 2009 auf $0.14 * 10^8 \text{ m}^3$ Wasser. Der indirekte Wasserverbrauch, welcher durch Industriegüter und Kleidung generiert wurde, beträgt $1.53 * 10^9 \text{ m}^3$ Wasser. Der indirekte interne Wasserfussabdruck von Frischprodukten beträgt $0.13 * 10^9 \text{ m}^3$ Wasser. Er wurde aus der Differenz von Produktion und Export berechnet und wird daher ebenfalls zum totalen Wasserfussabdruck addiert. Der indirekte externe Wasserfussabdruck durch frische Produkte beträgt $0.27 * 10^9 \text{ m}^3$.

Da der externe Wasserfussabdruck nur aus Frischprodukten besteht, sind alle weiterverarbeiteten Produkte, welche in die Schweiz importiert wurden, nicht darin enthalten. Die Frischprodukte machten jedoch nur 30 % der gesamthaft importierten Menge aus.

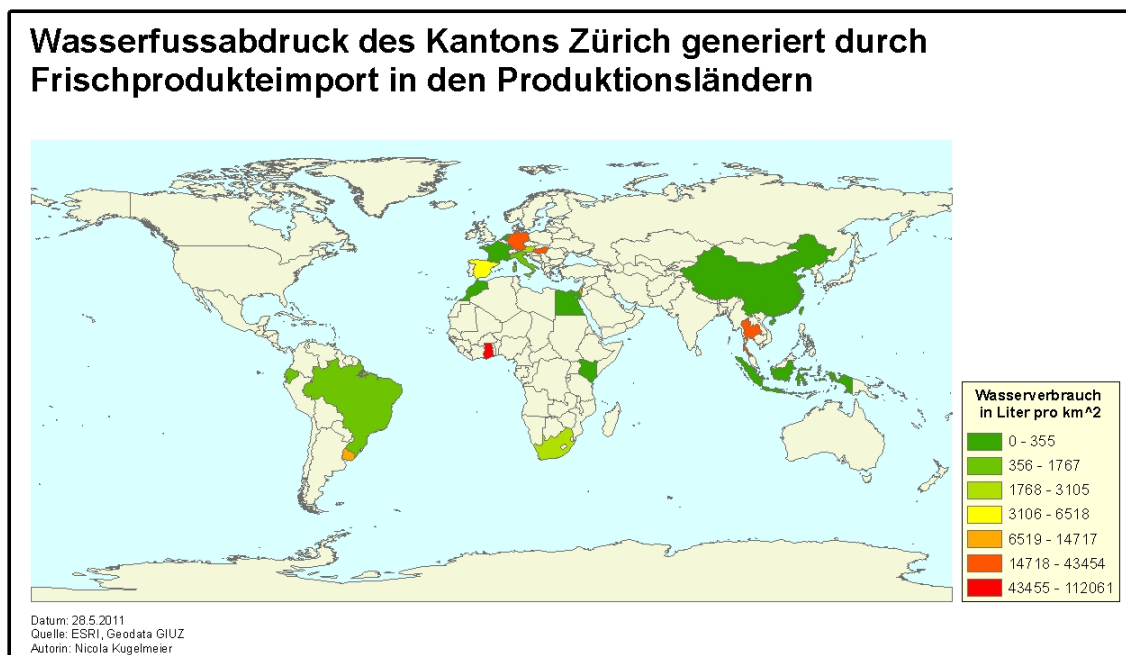
Dieser externe Wasserfussabdruck der frischen Produkte wurde skaliert, so dass ein angemessener Anteil resultiert. Aus der Skalierung, welche auf dem Verhältnis der totalen Importmenge aller Nahrungsmittel in den Kanton Zürich zur in der Berechnung berücksichtigten frischen Importmenge erfolgt, ergibt sich Faktor 3. Der interne Wasserfussabdruck wurde nicht skaliert, da dieser ja mit der Produktionsmenge berechnet wurde. Der interne Wasserfussabdruck bezieht sich nach wie vor also nur auf frische Produkte. Der Wasserfussabdruck durch Nahrungsmittel beträgt nach der Skalierung $0.81 * 10^9 \text{ m}^3$. Der gesamte generierte Wasserverbrauch durch Nahrungsmittel (interner und externer WFP) beläuft sich somit auf ein Total von $0.94 * 10^9 \text{ m}^3$ Wasser. Der totale Wasserfussabdruck welcher im Jahr 2009 durch den Kanton Zürich generiert wurde beträgt $2.61 * 10^9 \text{ m}^3$ (Tab. 16).

Die jährlichen Pro-Person-Werte wurden ebenfalls berechnet. Der direkte Wasserfussabdruck entspricht etwa 5 %, der indirekte Wasserfussabdruck durch Industriegüter und Kleidung macht knapp 59 % aus und der interne und externe Wasserfussabdruck durch Nahrungsmittel zusammen generiert 36 % des gesamten Wasserfussabdruckes. Nicht berücksichtigt wurden bei dieser Berechnung Importe und Exporte von und in andere Kantone. Je nachdem wie viel Güter der Kanton Zürich zusätzlich von anderen Kantonen importierte oder in andere Kantone exportierte, wirkte sich dies auf die Höhe des Wasserfussabdruckes aus. Dies konnte aber aufgrund von fehlenden Daten nicht berechnet und beurteilt werden.

Tabelle 16: Totaler Wasserfussabdruck im Jahr 2009.

	Direkter WFP	Indirekter WFP				Totaler WFP
	Direkter WFP [m ³]	Interner WFP Industriegüter & Kleidung [m ³]	Interner WFP _{FP} [m ³]	Externer WFP _{FP} [m ³]	Externer WFP [m ³]	Totaler WFP [m ³]
Gesamt	0.14 * 10 ⁹	1.53 * 10 ⁹	0.13 * 10 ⁹	0.27 * 10 ⁹	0.81 * 10 ⁹	2.61 * 10⁹
Pro Person	104.10	1'137.66	96.66	200.76	602.29	1'940.71

Der indirekte externe Wasserfussabdruck_{FP} wird durch den Import der Nahrungsmittel in den festgelegten Hauptimportländern hinterlassen. Der Kanton Zürich hinterlässt somit in 19 Ländern einen Wasserfussabdruck_{FP}. Die betroffenen Länder sind in Abb. 11 abgebildet.

Abbildung 11: Wasserfussabdruck_{FP} des Kantons Zürich generiert durch Frischprodukteimport in den Produktionsländern.

Der Wasserfussabdruck_{FP} zeigt die Anzahl Liter an, welche pro km² in den betroffenen Ländern im Jahr 2009 durch den Kanton Zürich verbraucht wurden. Der höchste Wasserfussabdruck_{FP} wird in Ghana durch den Import von Kakao hinterlassen. Ebenfalls durch den Import in den Kanton Zürich stark betroffen sind Deutschland (Schwein, Weizen), Ungarn (Huhn) und Thailand (Reis).

4 Verschiedene Fussabdrücke

Verschiedene Umweltverbände nutzen die Möglichkeit mit einem Fussabdruck aufzuzeigen, wie stark eine bestimmte Ressource genutzt wird und von wem sie genutzt wird. Zudem spielt die geographische Komponente meist auch eine zentrale Rolle. Denn nicht überall auf der Welt hat ein bestimmter Fussabdruck dasselbe Volumen. Eine weitere wichtige Idee hinter einem Fussabdruck ist es, die Menschheit für eine bestimmte Umweltproblematik zu sensibilisieren und diese so zu animieren eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen anzustreben (Living Planet Report, 2010). Mittels eines Fussabdruckes aufzuzeigen wie stark eine Ressource genutzt wird, hat einen starken visuellen und damit bleibenden Effekt.

4.1 Der Ökologische Fussabdruck

Der Ökologische Fussabdruck, oder auch nur ‚Footprint‘ genannt, ist einer der bekanntesten Fussabdrücke. Dieser wurde vom WWF kreiert und soll zur Aufgabe haben aufzuzeigen, wie viele Planeten Erde nötig wären, wenn alle Menschen denselben Ressourcenverbrauch aufweisen würden, wie derjenige, der die Befragung per Footprint-Rechner (WWF, 2011, Internet) durchgeführt hat. Ausserdem wird die benötigte Menge an produktiver Erdoberfläche in Hektaren angegeben, welche zeigen soll, wie viel der Erdoberfläche ein Mensch durch seinen Konsum in Anspruch nimmt.

4.1.1 Der Footprint-Rechner

Mit dem Footprint-Rechner kann der persönliche Ökologische Fussabdruck berechnet werden. Der Footprint-Rechner erstellt eine Analyse über den Ressourcenverbrauch, indem das Verhalten im Alltag erfragt wird, wie zum Beispiel welche Art von Transportmittel genutzt wird oder wie der Wasserverbrauch beispielsweise beim Duschen bzw. beim Baden aussieht. Zudem werden die Lebensbedingungen ermittelt, wie beispielsweise in welchen Wohnverhältnissen der Befragte wohnt. Am Schluss der Befragung erhält der Befragte eine Übersicht über seinen Fussabdruck (Abb. 12). Graphisch wird einem gezeigt, wie viele Erden es brauchen würde, wenn jeder Erdbewohner das eigene Verbrauchsverhalten aufweisen würde. Zusätzlich wird angegeben, wie viele Hektaren Agrarbaufläche benötigt würde und in einem Kuchendiagramm wird aufgezeigt, wie viel die relativen Anteile der Teilbereiche (Essen, Wohnen, Mobilität, Konsum und Sockel-Footprint) am persönlichen Fussabdruck ausmachen. Die Visualisierung der Anzahl benötigten Erden zeigt einem intuitiv seinen persönlichen Verbrauch auf.

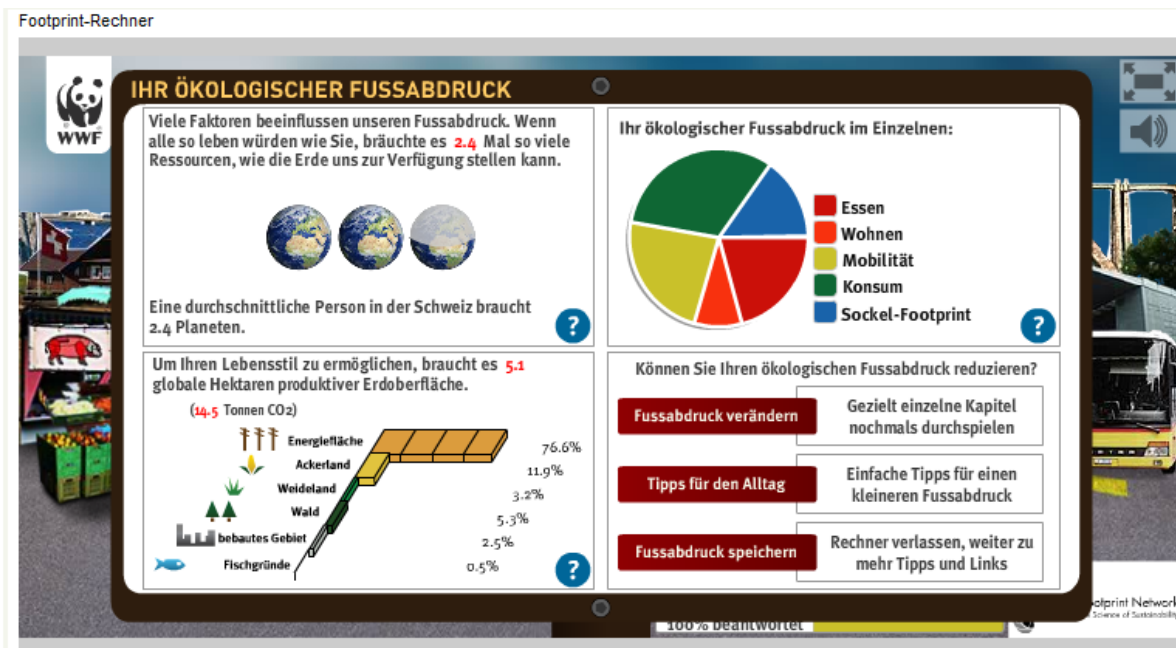


Abbildung 12: Visualisiertes Ergebnis des Footprint-Rechners (WWF, 2011, Internet).

Die Abb. 12 weist einen Ökologischen Fussabdruck von 2.4 Planeten auf. Dies bedeutet, dass wenn alle Menschen auf dieser Erde denselben Ressourcenverbrauch aufweisen würden wie diese Person, 2.4 Planeten Erden benötigt würden, um diese Ressourcennachfrage befriedigen zu können. Zur Gewährleistung eines Lebensstils, wie in Abb. 12 ersichtlich, braucht es 5.1 globale Hektaren produktiver Erdoberflächen. Das globale Mittel liegt bei 2.7 Hektaren (Global Footprint Network, 2003, Internet). Hier kommt der gesellschaftliche Reichtum und damit verbunden die Ökonomische Stärke eines Landes stark zum Tragen (Tab. 17), wie auch im nachfolgenden Kapitel zu sehen ist.

Tabelle 17: Anzahl Hektaren benötigter produktiver Erdoberflächen (Global Footprint Network, 2003, Internet).

	Ökologischer Fussabdruck des Konsums [ha]
Welt	2.7
Länder mit hohem Einkommen	6.1
Länder mit mittlerem Einkommen	2.0
Länder mit tiefem Einkommen	1.2

4.1.2 Der Globale Ökologische Fussabdruck

In der Publikation Living Planet Report (2010) werden Ergebnisse zum globalen Ökologischen Fussabdruck vorgestellt. Geht es beim Footprint-Rechner um den subjektiven Ökologischen Fussabdruck, wird in dieser Publikation auf den globalen Fussabdruck eingegangen. Es wird aufgezeigt, wie sich der Ökologische Fussabdruck in den letzten 50 Jahren entwickelt hat (Abb. 13). Darin ist ein klarer positiver Trend ersichtlich.

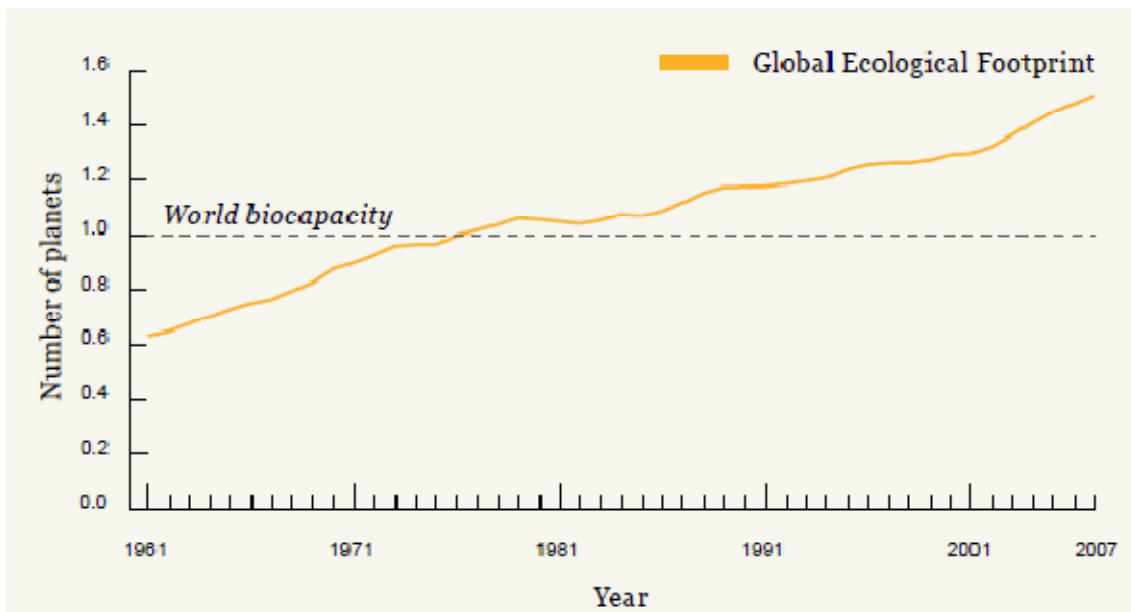


Abbildung 13: Zeitreihe des Globalen Ökologischen Fussabdruckes. Ressourcenverbrauch in Anzahl benötigter Planeten dargestellt (Living Planet Report, 2010).

Der Ökologische Fussabdruck hat sich seit Anfang der 1960er Jahre mehr als verdoppelt. Diese starke Zunahme ist hauptsächlich auf den Carbon Footprint (Kohlenstoff-Fussabdruck) zurückzuführen, der in dieser Zeitspanne um das elf-fache zugenommen hat. Bei dieser globalen Berechnung darf nicht vergessen werden, dass der Ökologische Fussabdruck interkontinental wie auch interregional grosse Differenzen aufzeigt. Die Unterschiede sind stark vom ökonomischen Level sowie vom Entwicklungsstand eines bestimmten Landes abhängig (Living Planet Report, 2010). Dass der ökonomische Entwicklungsstand eines Landes entscheidend für dessen Höhe des Ökologischen Fussabdruckes ist, zeigt das Beispiel von China. Zählte China vor ein paar Jahren noch zu den eher moderaten Verbrauchsländern, ist es unterdessen zu einem der Hochverbrauchsländer aufgestiegen. Chinas Ökologischer Fussabdruck hat sich in den letzten 40 Jahren vervierfacht (Report on Ecological Footprint in China, 2008).

4.2 CO₂-Fussabdruck

4.2.1 Der CO₂-Rechner

Eine ähnliche Berechnung macht der CO₂-Rechner von Greenpeace. Dieser berechnet jedoch ausschliesslich die Menge an emittiertem CO₂ in einem Jahr. Bei der Befragung wird über das Mobilitätsverhalten (Auto, Zug usw.), die Art und die Höhe der Raumtemperatur beim heizen oder auch nach Hauseigenschaften (Baujahr, Isolation usw.) des bewohnten Hauses gefragt. Neben den täglichen Pendlerbewegungen machen vor allem Flugreisen, trotz der kleinen Frequenz, einen hohen Anteil am jährlichen CO₂-Ausstoss aus. Am Ende dieser Befragung wird dem Anwender eine Tabelle präsentiert, in welcher sowohl der persönliche als auch der durchschnittliche CO₂-Fussabdruck ersichtlich ist (Abb. 14). Dies zeigt einem deutlich auf, in welchen Bereichen der

eigene CO₂-Fussabdruck im Verhältnis zum durchschnittlichen Fussabdruck liegt. Auch diese Darstellung gibt einem – wie bereits beim Ökologischen Fussabdruck – einen guten Eindruck über sein eigenes Konsumverhalten.

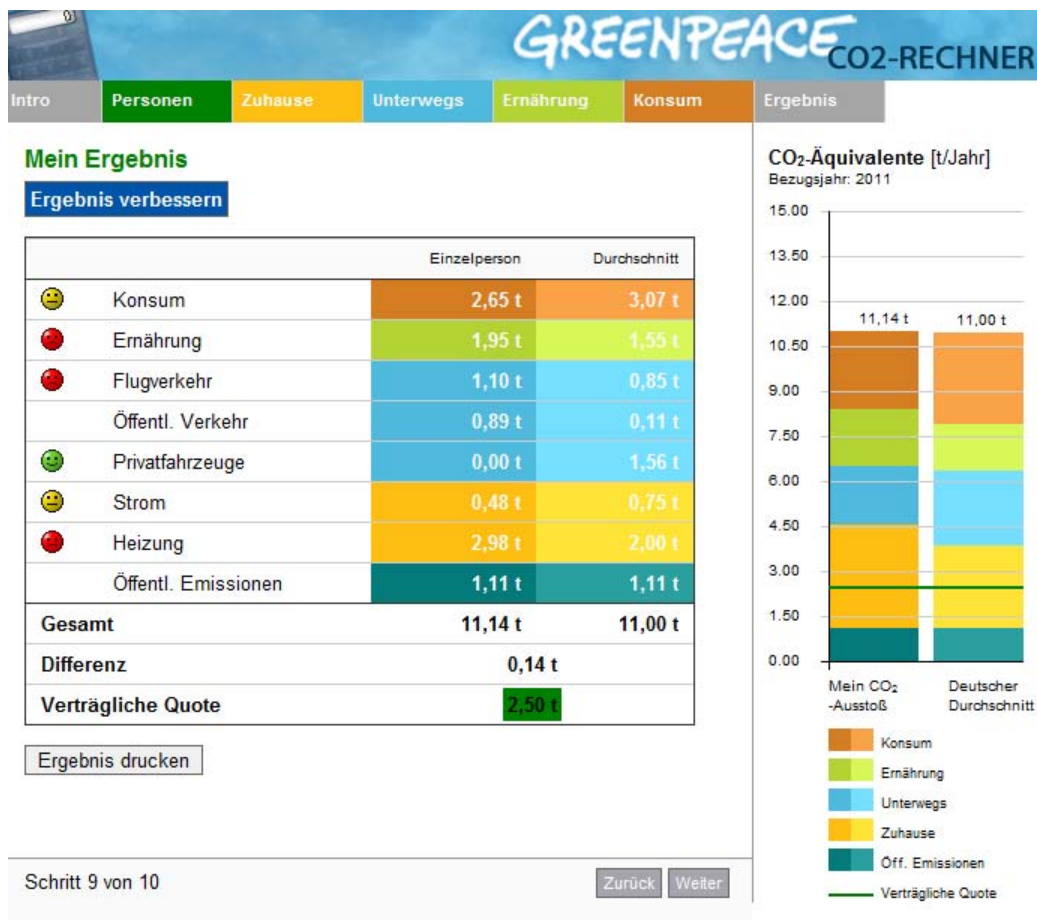


Abbildung 14: Ergebnis des CO₂-Rechners von Greenpeace (Greenpeace, 2011, Internet).

4.2.2 Das Integrative Projekt 2009/2010

Das Integrative Projekt am Geographischen Institut der Universität Zürich (GIUZ) im Jahr 2009/10 hatte zur Aufgabe, den CO₂-Fussabdruck des eigenen Instituts zu ermitteln. Dabei wurden sämtliche mobile Aktivitäten der Mitarbeiter, wie auch der Studentenschaft erfasst. Dazu gehört beispielsweise die Anreise zur Universität, die Anreise an Kongresse, aber auch die Teilnahme an Exkursionen. Ebenfalls wurden die CO₂-Emissionen, welche durch die Nutzung von Computern generiert werden, ermittelt (Abb. 15).

Treibhausgasbilanz des GIUZ

Treibhausgasbilanz des GIUZ		
Emissionsquelle	Emissionen	
	Tonnen CO ₂ e	Anteil
Mobility-Fahrzeuge	6	0.7%
GIUZ-Fahrzeuge	1	0.1%
Privat-Fahrzeuge	4	0.5%
Total Scope 1	11	1.2%
Fernwärme	37	4.1%
Elektrizität	0	0.0%
Total Scope 2	37	4.1%
Mobilität: Exkursionen	128	14.2%
Mobilität: Anreise der Studierenden zum Irchel-Campus	88	9.7%
Mobilität: Anreise der Mitarbeitenden zum Irchel-Campus	18	2.0%
Mobilität: Anreise der Mitarbeitenden zu Feldarbeiten	57	6.3%
Mobilität: Anreise der Mitarbeitenden zu Kongressen/Konferenzen	278	30.8%
Mobilität: Anreise der Mitarbeitenden zu Meetings	157	17.4%
Graue Energie: Computer	117	12.9%
Graue Energie: Geräte	6	0.7%
Graue Energie: Papier	3	0.3%
Graue Energie: Medien der Bibliothek	2	0.2%
Total Scope 3	854	94.7%
Total Scopes 1-3	902	100.0%

Abbildung 15: Treibhausgasbilanz der GIUZ (GÖKO, 2010, Internet).

4.3 Der Fussabdruck in der Wissenschaft

Auch in der Wissenschaft wird der Begriff Fussabdruck verwendet. Beispielsweise in der Klimadebatte. In diesem wissenschaftlichen Forschungsgebiet wird der Kohlenstoff Fussabdruck von Lebensmitteln zunehmend wichtiger (Röös et al, 2010). In einer Studie von Espinoza-Orias et al. (2010) wurde der Kohlenstoff Fussabdruck von Brot berechnet. Die Forscher berechneten einen Fussabdruck von 1'111-1'244 g CO₂ für einen Laib Brot von 800 g Gewicht.

Aber auch in anderen Wissenschaftsbereichen wird der Begriff Fussabdruck verwendet. Der Begriff Fussabdruck wird beispielsweise für die Grösse der Deposition eines bestimmten Stoffes verwendet. So wurde zum Beispiel in einer Studie von Bontemps et al. (2010) untersucht, wie stark sich Stickstoff auf das Pflanzenwachstum auswirkt. In dieser Studie sprechen die Autoren vom Stickstoff-Fussabdruck.

5 Diskussion

Dieses Kapitel setzt sich zuerst mit den Unsicherheiten in den Daten auseinander. Dabei handelt es sich um Produktmengen, wie Konsum, Produktion oder Import und Export. Gleichzeitig wird auch auf die Verfügbarkeit von benötigten Daten eingegangen. Zweitens werden Unsicherheiten diskutiert, die bei den Berechnungen von Zwischenresultaten bis hin zum endgültigen Wasserfussabdruck des Kantons Zürich entstanden sind. Danach folgen eine Beurteilung des Konzepts des Wasserfussabdruckes, ein Vergleich verschiedener Wasserfussabdrücke sowie ein Vergleich des berechneten Wasserfussabdruckes (WFP) mit bestehenden Daten.

5.1 Datenunsicherheit

Datenverfügbarkeit

Ein Grossteil der für die Berechnung des Wasserfussabdruckes benötigten Daten konnte nicht wie gewünscht beschafft werden. Dafür gab es mehrere Gründe. Es existierten viele Daten nur für die Schweiz, nicht aber für die einzelnen Kantone. Dieses Problem war besonders beim Bestimmen der im Kanton Zürich hergestellten Produktmengen allgegenwärtig. Importe und Exporte zwischen den Kantonen innerhalb der Schweiz werden beispielsweise nicht registriert. Handelsdaten zwischen dem Kanton Zürich und dem Ausland wurden aber von der Eidgenössischen Zollverwaltung für dieses Projekt zugänglich gemacht. Anders war es bei den Konsumdaten. Migros und Coop konnten auf Grund des Betriebsgeheimnisses keine Informationen zu den im Kanton Zürich verkauften Warenmengen herausgeben. Auch Anfragen bei Marktforschungsinstituten blieben diesbezüglich erfolglos, da diese ebenfalls keine Daten veröffentlichen.

Umfrage

Das Ausfüllen der Umfrage bereitete vielen Teilnehmerinnen und Teilnehmern Schwierigkeiten und die Antworten zu den konsumierten Mengen sind dementsprechend unsicher. In der Umfrage wurde nach konsumierten Portionen von Lebensmitteln gefragt. Für die weiteren Berechnungen war dies eine gut einsetzbare Grösse. Die Befragten hatten jedoch Mühe abzuschätzen wie viele Portionen sie konsumierten. Zudem kann nebst der Anzahl konsumierter Portionen auch die jeweilige Grösse variieren. Eine Portion Fleisch beispielsweise, konnte sowohl als eine kleine Portion Fleisch als Beilage als auch als ein grosses Stück Fleisch interpretiert werden. Über- oder Unterschätzungen können auch saisonal bedingt sein. Dies könnte sich beispielsweise bei den Angaben zum Konsum von Tee und Zitrusfrüchten gezeigt haben, da die Befragung kurz vor Weihnachten durchgeführt wurde. Abschätzungen zufolge fielen bei diesen Produkten die Konsumangaben eher zu hoch aus. Bei einigen Fragen spielte nicht nur der eigene Ermessensspielraum mit, sondern auch die Unwissenheit bezüglich der enthaltenen Lebensmittel in Speisen. Die verwendete Ölmenge beispielsweise kann

nur genau angegeben werden, wenn Mahlzeiten selber zubereitet werden. Bei einem Restaurantbesuch oder einer Mahlzeit in der Mensa kann dies kaum richtig eingeschätzt werden und die Angaben in der Umfrage könnten dementsprechend ungenau sein. In einigen bereits zubereiteten Lebensmitteln befinden sich zudem versteckte Inhaltsstoffe, deren wir uns meist nicht bewusst sind. Besonders Soja bleibt als Zutat sehr oft unbemerkt. Ist der versteckte Inhaltsstoff ein Produkt, welches viel Wasser für die Produktion braucht, kann der Wasserfussabdruck durch das Weglassen dieses Inhaltsstoffes unterschätzt werden.

Da die Umfrage am GIUZ versendet worden ist, wurden nur Personen aus dem Umkreis von Zürich befragt. Einige Personen wohnten nicht in Zürich, oder konsumierten mehr Mahlzeiten ausserhalb des Kantons Zürichs als innerhalb. Die meisten Befragten werden aber im näheren Einzugsgebiet gewohnt haben oder sich oft in Zürich aufgehalten haben. Dies könnte dazu geführt haben, dass in den Resultaten zwischen den in Zürich wohnhaften Personen und den andern Befragten kein grosser Unterschied festgestellt werden konnte. Es kann nicht von der Befragung aus darauf geschlossen werden, dass zwischen dem Kanton Zürich und dem Rest der Schweiz ein grosser Unterschied besteht. Ein Vergleich zu einem andern Land könnte grössere Differenzen aufzeigen.

Import und Export

Einen grossen Einfluss auf den externen Wasserfussabdruck des Kantons Zürich hatte die Bestimmung der Hauptimportländer der einzelnen Produkte. Für jedes Produkt wurde zur Vereinfachung jeweils jenes Land als Importland angenommen, von dem der Kanton Zürich die grösste Menge bezieht. Bei einigen Produkten hat das zweitstärkste Importland aber fast die gleiche Menge importiert. Dieser Fall trifft unter anderem auf die Produkte Huhn (Brasilien) und Soja (Italien) zu. Wäre hier noch eine weitere Differenzierung vorgenommen worden, wäre der externe Wasserfussabdruck der einzelnen Produkte auf Grund anderer klimatischer Verhältnisse in den weiteren Importländern möglicherweise kleiner oder grösser geworden. Dies hätte sich dann auch auf die Summe des externen Wasserfussabdruckes ausgewirkt.

Ungeachtet der Problematik, die die Bestimmung von Hauptimportländern mit sich führte, konnten teilweise die Ursprungsländer der Nahrungsmittel gar nicht festgestellt werden. Denn einige Produkte wurden nicht direkt vom Erzeugerland nach Zürich importiert sondern wurden in anderen Ländern weiterverarbeitet und erst dann nach Zürich transportiert. Als Beispiel kann hier der Tee erwähnt werden, von welchem die Bestimmung des wirklichen Anbaulandes bei der vorliegenden Datengrundlage nur abgeschätzt werden konnte.

CropWat

Fehlende Daten waren auch bei den Berechnungen in CropWat ein Thema. Die notwendigen Parameter der Produkte Äpfel, Birnen, Kakao, Kaffee und Tee mussten für die Berechnung des virtuellen Wassergehalts erst definiert und die einzelnen Produkte im CropWat angelegt werden. Die Zeitreihen und die meisten Parameter konnten direkt aus unterschiedlichen Papers entnommen werden. Einzig der Ertragsfaktor und der kritische Stresspunkt mussten abgeschätzt werden. Der Ertragsfaktor der neu definierten Produkte wurde anhand des Durchschnitts der vorhandenen Ertragsfaktoren berechnet. Der Ertragsfaktor variiert relativ stark zwischen den verwendeten Produkten. Daher ist dessen Berechnung mittels Durchschnitt für die neu definierten Produkte nicht optimal. Die Berechnung des kritischen Stresspunkts wurde mit dem Jahresdurchschnitt der Referenz-Evapotranspiration des Produktionslandes gemacht. Die Verwendung des Jahresdurchschnitts ist einerseits nicht optimal, da die Wachstumsphase einer Pflanze nicht ein ganzes Jahr dauert. Andererseits wird die durchschnittliche Evapotranspiration (ET) des ganzen Landes verwendet, welche nicht zwingend repräsentativ für ein bestimmtes Anbauggebiet ist, da die ET von Region zu Region unterschiedlich sein kann.

Eine optimale Repräsentation des Klimas in einem Anbauggebiet ist nicht ganz einfach. Meistens existieren in einem Anbauggebiet nicht mehrere Klimastationen. Daher mussten auch Stationen ausserhalb des Gebiets hinzugezogen werden. Zusätzlich kann das Klima innerhalb eines Anbauggebiets stark variieren und somit ist auch die Station innerhalb der Anbauregion nur eine Abschätzung der klimatischen Verhältnisse.

Allgemein

Eine weitere Unsicherheit, die publizierten Daten anhaftet, ist die Unwissenheit, wie diese erhoben oder berechnet wurden. Für die Berechnung des direkten Wasserverbrauchs ist beispielsweise ein mittlerer Tagesverbrauch verwendet worden. Wie dieser direkte Wasserverbrauch vom Statistischen Amt des Kantons Zürich ermittelt wurde, ist jedoch nicht bekannt.

5.2 Berechnungsunsicherheiten

Totaler Wasserfussabdruck

Werden die Angaben aus der Umfrage mit den Produktions-, Import- und Exportdaten in einen Zusammenhang gebracht, was bei der Berechnung des Wasserfussabdruckes nötig ist, kommt es zu Diskrepanzen. Nicht alle der importierten und im Kanton Zürich hergestellten Lebensmittel, die die strengen Qualitätskriterien erfüllen und überhaupt den Weg in die Warenhäuser finden, werden schliesslich konsumiert. Denn jeden Tag werden grosse Mengen an verdorbenen oder nicht mehr

verkaufbaren Lebensmitteln weggeworfen. Wird der Wasserfussabdruck eines überversorgten Landes mittels Konsum berechnet, so wird ein grosser Teil des verbrauchten Wassers nicht in die Berechnung mit einbezogen und der Wasserfussabdruck fällt zu gering aus. Zum Wasserfussabdruck, der aus der Konsumation von Gütern entsteht, müsste ein weiterer Prozentsatz für die nicht konsumierten, aber trotzdem produzierten Mengen dazu gezählt werden.

Unsicherheiten in den Berechnungen traten aber nicht erst am Schluss beim Verrechnen der einzelnen Komponenten auf. Bereits in den Import- und Exportdaten, sowie in den Produktionsdaten sind Unsicherheiten enthalten. Diese resultieren zum einen aus den bereits beschriebenen Datenunsicherheiten, zum anderen auch aus den vielen Annahmen, die aufgrund von fehlenden Daten getroffen werden mussten.

Import und Export

Bei den Import- und Exportdaten besteht die grösste Unsicherheit darin, dass viele Produkte ausser Acht gelassen wurden. So wurden bei der Berechnung der Importmengen, nur frische Lebensmittel und solche zur menschlichen Ernährung einkalkuliert. Das heisst alle Fertigprodukte, welche im Ausland erzeugt und hier konsumiert werden sind in der Berechnung des Wasserfussabdruckes nicht enthalten. Dies führt zu einer Unterschätzung des Resultats. Dieser Differenz bezüglich der totalen berücksichtigten Menge und der effektiv eingeführten Menge an Nahrungsmitteln wurde mit einem Skalierungsfaktor entgegengewirkt. Dies kann natürlich wiederum neue Unsicherheiten hervorrufen. Des Weiteren sind bei den Importdaten nur diejenigen Kilogrammengen, respektive Tonnenmengen bekannt, welche aus dem Ausland stammen. Nicht aber diejenigen aus den anderen Kantonen. Das Gleiche gilt auch für die Zahlen der Exportmengen. Die Import- und Exportmengen weisen deshalb Berechnungsunsicherheiten auf.

Produktion

Ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet sind Berechnungen der im Kanton Zürich hergestellten Güter. Während die Fehler für pflanzliche und tierische Produkte ungefähr abgeschätzt werden konnten, waren keine Informationen verfügbar, die eine Aussage zur Abweichung der berechneten Frischmilchproduktion zur tatsächlichen Produktion zuliesse.

Die im Kanton Zürich erzielten Erträge von pflanzlichen Produkten wurden mittels Anbaufläche und Ertragstabellen (Chapagain & Hoekstra, 2004) abgeschätzt. Wie folgende drei Beispiele der Produkte Kartoffeln, Mais und Sonnenblume zeigen, wird auf diese Weise der Ertrag zumindest auf Schweizer Ebene um etwa 10 % unterschätzt. Im Jahr 2009 wurden in der Schweiz tatsächlich 517'000 t Kartoffeln geerntet (Tab. 18). Die geschätzte Kartoffelproduktion betrug aber nur 452'068 t. Die systematische Unterschätzung von Produktionserträgen ist vermutlich auch für den Kanton Zürich

relevant und hat somit einen Einfluss auf den internen Wasserfussabdruck und die Berechnungen der Exportmengen in andere Kantone.

Ein Grund für die Abweichung könnte eine Zunahme der Ernteerträge in den letzten Jahren sein. Denn in der verwendeten Tabelle sind Durchschnittswerte für die Jahre 1997 bis 2001 angegeben. Eine andere Möglichkeit wäre, dass das Jahr 2009 ein ausserordentlich gutes Ertragsjahr war.

Tabelle 18: Ertragsunterschätzung Schweiz (^{a)}Schweizerischer Bauernverband, 2011d, Internet).

Produkt	tatsächliche Produktion ^{a)} [t]	geschätzte Produktion [t]	Anteil geschätzter an tatsächlicher Produktion [%]
Kartoffel	517'000	452'068	87.4
Mais	174'000	157'584	90.6
Sonnenblume	11'700	10'640	90.9

Die Unsicherheit bei den Fleischprodukten sind Analysen zu Folge relativ klein. Im Jahr 2009 wurden in der Schweiz 731'870 Rindtiere bei einem totalen Schlachtgewicht von 109'360 t geschlachtet (Tierverkehrsdatenbank, 2009, Internet). Dies ergibt ein Gewicht von ca. 149 kg pro Rind. Ebenfalls aus den Tabellen der Tierverkehrsdatenbank konnte für den Kanton Zürich eine Anzahl von 42'673 geschlachteten Rindtieren eruiert werden. Unter der Annahme, dass diese Rinder durchschnittlich ebenfalls 149 kg wogen, ergibt sich ein totales Schlachtgewicht von 6'376 t, das nur minim von den berechneten 6'484 t abweicht (+1.7 %). Weitere Berechnungen wurden mittels Verkaufsmengen durchgeführt. Es konnte bestätigt werden, dass der geschlachtete Anteil am Nutztierbestand der Schweiz auf den Kanton Zürich für die Rindfleischproduktion übertragen werden kann. Der Fehler für die Hühner- und Schweinefleischproduktion dürfte sich demnach im selben Rahmen bewegen.

Die Zahlen zur Fleischproduktion von Hühnern in der Schweiz beinhalten das gesamte Geflügel. Dies bedeutet, dass auch Schlacht- bzw. Verkaufsgewichte von Enten, Gänsen und Truten darin enthalten sind. Hühner machen mit 98 % aber den deutlich grössten Anteil am Geflügel aus (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2011, Internet). Da unklar war, ob für den Kanton Zürich die angegebenen 98 % ebenfalls stimmen, wurde darauf verzichtet eine weitere Berechnung durchzuführen und das gesamte Geflügelfleisch wurde als Hühnerfleisch kategorisiert.

Indirekter Wasserfussabdruck durch Industriegüter & Kleidung

Für die Berechnungen des indirekten Wasserverbrauchs durch Industriegüter und Kleidung wurde der Warenkorb zu Hilfe genommen. Zur Ermittlung eines effektiven Wasserverbrauchs, beispielsweise je Kategorie der Ware und je Herkunftsland, wären weitere Daten benötigt worden. Daher ist im Rahmen dieses Projekts nur eine Abschätzung des indirekten Wasserverbrauchs durch

Industriegüter und Kleidung möglich, jedoch keine weitere Differenzierung. Vergleicht man den ermittelten Wasserverbrauch von $1.53 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pro Jahr für den Kanton Zürich mit dem Wasserverbrauch für die Schweiz von $5.37 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pro Jahr (Hoekstra & Chapagain, 2008) entspricht dies einem Wasserverbrauch von 28.5 %. Dieser Wert ist extrem hoch und daher eher unrealistisch. Dass alleine durch den Kanton Zürich 28.5 % des Wasserverbrauchs durch Industriegüter und Kleidung generiert werden, scheint trotz der grossen Industrieleistung eher unwahrscheinlich. Hier könnte zur Erhaltung eines genaueren Resultates angesetzt werden indem die Zahlen detaillierter analysiert werden.

CropWat

Die Berechnung des Wasserbedarfs einer Pflanze geschieht unter der Annahme, dass optimale Wachstumsbedingungen vorherrschen. Die Wasserverhältnisse im Boden sind für eine Pflanze jedoch während den Regenphasen oder Trockenzeiten nicht optimal. Es kommt auch immer wieder vor, dass Krankheitserreger sich über grosse Gebiete ausbreiten und das Pflanzenwachstum massgebend stören. Auch kann die Nährstoffverfügbarkeit das Wachstum beeinflussen. In der Schweiz jedoch spielen Nährstoffverhältnisse in den Böden aufgrund der grossflächigen Anwendung von Dünger kaum eine Rolle.

Stancalie et al. (2010) verwenden Satellitendaten und CropWat, um die Evapotranspiration von Mais in Rumänien zu schätzen. Ein Vergleich der beiden Methoden zeigt, dass CropWat tendenziell tiefere ETC-Werte liefert als die Berechnungen mit Satellitendaten. Eine weitere Studie von Kang et al. (2009) vergleicht die mit einem Lysimeter oder mit der Wasserbilanz gemessene Evapotranspiration von Weizen in Texas (USA) und Henan (China) mit den simulierten Werten von CropWat. Daraus resultiert, dass CropWat die ETC überschätzt, wenn die gemessenen Werte tief sind und unterschätzt, wenn die gemessenen ETC-Werte hoch sind. Die Studie zeigt auch, dass einige von Allen et al. (1998) vorgeschlagenen Kc-Werten überschätzt sind. Kang et al. (2009) sehen darin einen möglichen Grund für die Abweichungen der mit CropWat berechneten ETC von der gemessenen ETC. Auch Kuo et al. (2006) stellen fest, dass die von Allen et al. (1998) vorgeschlagenen Kc-Werte von jenen abweichen, die sie für verschiedene Pflanzen in Taiwan berechneten. Den Unterschied zwischen den Kc-Werten führen sie auf das lokale Klima, saisonal unterschiedliches Pflanzenwachstum und verschiedene Anbauarten zurück. Sie schlagen deshalb vor, dass die Kc-Werte auf lokale Gegebenheiten kalibriert werden müssen. Allgemein reagiert CropWat sehr sensitiv auf eine Änderung der klimatischen und pflanzenspezifischen Daten (Molua und Lambi, 2006).

Allen et al. (1998) schreiben, dass die Berechnung der ETo mit der Penman-Monteith Gleichung eine simple aber gleichzeitig relativ genaue Repräsentation der physischen und physiologischen Faktoren der Evapotranspiration ist. Trotzdem ist es nur eine Abschätzung und es kann kein absolut korrekter

Wert erwartet werden. Zusätzlich hängt die Genauigkeit der ETo auch von der Messgenauigkeit der klimatischen Inputparameter sowie von der Repräsentativität der gewählten Klimastation ab.

5.3 Vergleich mit anderen Konzepten

Den Fussabdrücken ist gemeinsam, dass sie anhand der erwähnten Rechner bestrebt sind die Menschen auf die beschränkten Ressourcen aufmerksam zu machen. Dies war auch der Einstieg in die Untersuchung des Wasserfussabdruckes des Kantons Zürich. Jedes Mitglied des Projektes hat seinen eigenen Wasserfussabdruck berechnet, um einen Eindruck über die Thematik zu erhalten. Die Fussabdrücke haben weiter gemeinsam, dass sie einen Ressourcenverbrauch thematisieren. Der CO₂-Fussabdruck befasst sich mit der Menge an CO₂, die in unsere Atmosphäre ausgestossen wird. Der Ökologische Fussabdruck dagegen befasst sich mit dem generellen Verbrauch von Ressourcen, der Fussabdruck der Wissenschaft unter vielen anderen Themen beispielsweise mit der Ressource Kohlenstoff und der Wasserfussabdruck mit dem Verbrauch von Wasser. Die Fussabdrücke unterscheiden sich hinsichtlich der Skala auf die sie angewendet werden, respektive auf welche sie sich beziehen. So befasst sich der CO₂-Fussabdruck hauptsächlich mit dem Klima, was auf globaler Ebene betrachtet werden muss. Der Wasserfussabdruck hingegen befasst sich mehr mit dem effektiven Verbrauch der Ressource, was vielfach eine regionale Analyse erfordert. Die Auswirkungen dieser beiden Fussabdrücke unterscheiden sich somit in der Grössenordnung. Der Fussabdruck der Wissenschaft untersucht je nach Ressource lokale und auch globale Auswirkungen. Auch spielt die Zeitkomponente bei der Ermittlung eines Fussabdruckes eine unterschiedliche Rolle. Der Wasserfussabdruck kann kurzfristige wie auch langfristige Folgen hervorrufen, der CO₂-Fussabdruck hingegen wird wohl eher eine langfristige Rolle spielen. Daher unterscheiden sich die Fussabdrücke auch in der Möglichkeit Massnahmen festlegen zu können. Diese müssen einerseits an die Ressource angepasst sein und andererseits an die räumliche Skalengrösse.

5.4 Das Konzept des Wasserfussabdruckes

Anwendbarkeit des Wasserfussabdruckes

Die Idee des Wasserfussabdruckes besteht darin zu eruieren woher das Wasser stammt, welches in den konsumierten Produkten enthalten ist und aus welchen Arten von Wassern dieses sich zusammensetzt. Mit einer guten Datengrundlage können akzeptable Abschätzungen durchgeführt werden. Die Weiterverwendung der Resultate, beispielsweise für die Festlegung von Massnahmen, ist jedoch schwierig. Denn ein hoher Fussabdruck im Land A ist nicht zwingend schlechter als ein tiefer Fussabdruck im Land B. Hat Land A genügend Wasser zur Verfügung sind die Auswirkungen potentiell weniger negativ als im Land B, das möglicherweise von Trockenheit und Dürre geprägt ist. Als Beispiel kann der tiefe Wasserfussabdruck der Erdnuss (ca. $44 \cdot 10^4 \text{ m}^3$) im trockenen Ägypten und der hohe Wasserfussabdruck des Kakaos ($8'705 \cdot 10^4 \text{ m}^3$) im tropischen Ghana genannt werden.

Dasselbe gilt für einzelne Produkte. Beispielsweise enthält die Kartoffel aus Israel total 165 Liter Wasser pro Kilogramm, wobei 94 % davon blaues Wasser ist. Die Produktion eines Kilogramms Schweinefleisch in Deutschland benötigt 2'760 Liter Wasser. Der Anteil des blauen Wasser beträgt dabei 6 %. Beide Produkte enthalten demnach etwa 160-170 Liter blaues Wasser pro Kilogramm. Welches der beiden Produkte nun die gravierenderen Auswirkungen auf die Umwelt oder die Gesellschaft hat, kann anhand dieser Daten nicht mit absoluter Sicherheit gesagt werden.

Die beiden Beispiele zeigen, dass die Auswirkungen des Wasserfussabdruckes auf die Umwelt vor allem vom Anteil des blauen Wassers am Wassergehalt einer Pflanze und von der Menge Wasser, die eine Pflanze braucht, abhängen. Die Konsequenzen eines Wasserfussabdruckes für die Gesellschaft sind hingegen schwieriger abzuschätzen, da sie auf komplexen lokalen Gegebenheiten beruhen. Der Wasserfussabdruck kann somit nicht als alleinige Grundlage für Entscheidungen bezüglich Verhaltensänderungen oder Massnahmen dienen. Die einzige zulässige Aussage, die aufgrund der Berechnungen gemacht werden kann, ist, dass man bei der Produktion von Gütern und bei deren Einkauf auf einen geringeren virtuellen Wassergehalt achten soll.

Vergleich mit bestehenden Resultaten

Der indirekte Wasserfussabdruck durch frische Nahrungsmittel fällt im Vergleich mit dem totalen Wasserfussabdruck relativ klein aus, da der Wasserfussabdruck durch Industriegüter und Kleidung relativ hoch angegeben wird. Der externe Wasserfussabdruck verursacht durch frische Nahrungsmittel entspricht somit nur 10 % des totalen Wasserfussabdrucks. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass zu wenig Nahrungsmittel berücksichtigt wurden. Daher wurde der externe Wasserfussabdruck skaliert berechnet wobei er so einen Anteil von 31 % ausmacht. Eine andere Erklärung ist, dass der Wasserfussabdruck für die Industriegüter und Kleidung zu hoch geschätzt wurde. Dies ist gut möglich, denn die getroffene Annahme der Prozent-Werte des Einkommens aus dem Warenkorb, welche für die Industriegüter und Kleidung ausgegeben werden, ist nur eine Methode wie dies berechnet werden kann. Zudem ist diese Methode in den Berechnungen des WWF oder bei Berechnungen von Hoekstra & Chapagain nicht verwendet worden. Es bedarf hier also einer Qualitätskontrolle, respektive Überprüfung der Berechnungen.

Um einen Vergleich des berechneten Wasserfussabdruckes mit dem des WWFs zu machen, wurde der Wert des WWFs für die gesamte schweizerische Bevölkerung auf die Einwohnerzahl des Kantons Zürich skaliert. Der interne WFP durch die Landwirtschaft wurde so auf $0.69 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ bestimmt. Der in dieser Arbeit berechnete Wert des WFP_{Fp} ist mit $0.13 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ kleiner. Der interne WFP_{Fp} beträgt lediglich 18.8 % des internen WFP des WWFs. Der externe WFP der Landwirtschaft des WWF beträgt, berechnet auf die Bevölkerung des Kantons Zürich, $1.12 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Dieser Wert ist wiederum viel grösser als der in dieser Arbeit eruierte Wert von $0.27 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Dieser entspricht

gerade mal 24 % des externen WFP des WWFs. Die markanten Unterschiede sind vor allem darauf zurückzuführen, dass für die Berechnung des WFP in dieser Arbeit lediglich die frischen Lebensmittel verwendet wurden, d.h. die Lebensmittel, die direkt für den Konsum bestimmt sind. Vergleicht man den in dieser Arbeit skalierte indirekte externe Wert mit dem des WWF dann sind die Zahlen schon eher vergleichbar. Der indirekte externe WFP entspricht dann 72 % des landwirtschaftlich externen Wertes des WWF. Der industrielle WFP des WWF berechnet für die Bevölkerung des Kantons Zürich beläuft sich auf $0.88 * 10^9 \text{ m}^3$ womit die Diskussion bestätigt ist, dass der von uns berechnete indirekte WFP durch Industriegüter und Kleidung mit $1.53 * 10^9 \text{ m}^3$ überschätzt ist.

6 Schlussfolgerungen

Im Jahr 2009 hatte der durchschnittliche Zürcher insgesamt 5'317 Liter pro Tag verbraucht. Über das ganze Jahr gesehen waren dies 1'940'710 Liter pro Person oder $2.61 \cdot 10^{12}$ Liter für die gesamte Bevölkerung des Kantons Zürich.

Vom gesamten Wasserverbrauch waren nur etwa 5 % direktes Wasser. Der restliche Wasserfussabdruck wurde zu knapp 59 % durch die Industrie und zu 36 % durch die Nahrungsmittel verursacht, wobei nur 10 % durch die frischen Nahrungsmittel generiert wurden. Der hohe Wert der Industriegüter und Dienstleistungen könnte aus einer ungeeigneten Zuordnung der Güter aus dem Warenkorb in diese Kategorie resultieren. Der Wasserfussabdruck der frischen Nahrungsmittel fällt relativ tief aus, da für die Berechnung nur ein Teil der effektiven importierten Produktionsmenge einbezogen wurde.

Den grössten externen Wasserfussabdruck hinterliess der Kanton Zürich in Ghana, Deutschland, Ungarn und Brasilien. Aus diesen Ländern wurden Kakao, Kaffee und Weizen und tierische Produkte importiert. Der blaue Wassergehalt dieser pflanzlichen Produkte betrug zwischen einem Viertel und einem Drittel des totalen Wassergehalts der Pflanze.

Der grösste interne Wasserfussabdruck wurde durch Rindfleisch, Weizen und Milch verursacht. Der blaue Wassergehalt dieser Produkte war mit 3-7 % sehr gering.

Der blaue Wassergehalt von Produkten, die sowohl im Kanton Zürich als auch im Ausland angebaut wurden, war bei heimischer Produktion allgemein tiefer. Bei der im Kanton Zürich produzierten Kartoffel ist nur 3 %, bei der importierten Kartoffel aus Israel hingegen ist 94 % blaues Wasser enthalten. Ähnlich ist es bei Apfel und Birne, die nur 7 % blaues Wasser enthalten, wenn sie aus Zürcher Produktion stammen, aber 85 %, wenn sie in Südafrika gewachsen sind.

Die Berechnungen in dieser Arbeit haben gezeigt, dass viele Annahmen getroffen werden müssen und die Abschätzung des Wasserfussabdruckes daher sehr unsicher ist. Die wichtigsten Unsicherheitsquellen liegen in der Annahme, dass alles was importiert wird auch konsumiert wird. Gleichzeitig werden nur frische Lebensmittel verwendet, welche nur einen Teil des tatsächlichen Lebensmittelkonsums ausmachen. Eine weitere Schwierigkeit lag in der Bestimmung des indirekten Wasserfussabdrucks von Industrie- und Dienstleistungsprodukten.

7 Ausblick

Das vorliegende Projekt und die dazugehörige Literatur werfen verschiedene Fragen auf, welche im Zusammenhang mit dem Wasserfussabdruck bearbeitet werden könnten oder sollten. Im Rahmen des Projekts wurde eine bestimmte Frage, die im Zusammenhang mit dem Wasserfussabdruck eine der wichtigsten zu sein scheint, nicht beantwortet: Bestehen in Ländern, innerhalb welchen der Kanton Zürich einen Wasserfussabdruck hinterlässt Wasserprobleme, welche soziale und ökologische Konsequenzen mit sich bringen?

Diese und weitere Forschungsfragen, die der Ermittlung des Wasserfussabdruckes dienen, brauchen für die Berechnung vor allem genaue und verlässliche Daten. Ansonsten sind viele Annahmen zu treffen, die eine zuverlässige Berechnung und wahrheitsgetreue Analyse verhindern. Im Bereich des Wasserfussabdruckes bildete lange Zeit die Berechnung des blauen, grünen und grauen Wassers von landwirtschaftlichen Produkten einen Schwerpunkt. Es wird nun vermehrt notwendig sein, auch den Wasserfussabdruck von verarbeiteten Fertignahrungsmitteln, Industriegütern, Energieträgern etc. zu bestimmen. Dabei ist es wichtig die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen des Wasserfussabdruckes in verschiedenen Ländern und auf verschiedenen Skalen zu betrachten. Die Bildung eines Indexes, welcher die Folgen von einem Wasserfussabdruck beinhaltet, würde es vereinfachen Länder zu bestimmen, welche vom generierten Wasserproblem am meisten betroffen sind. Daraus könnten länderspezifische langfristige Massnahmen ausgearbeitet werden, welche nicht nur national sondern auch international koordiniert werden. Ein wichtiger Aspekt bei der Planung von Massnahmen ist die Klimaänderung. Es ist möglich, dass sich aufgrund der Änderung des Klimas Regionen mit grossen Wasserproblemen verschieben oder vergrössern.

Aus diesen Gründen bedarf es in diesem Forschungsbereich weiterführende Projekte. Diese sollten zum Ziel haben, den externen Wasserfussabdruck genau zu bestimmen, die sozialen, wie auch die ökologischen Auswirkungen in den Ländern zu untersuchen und dadurch die Möglichkeit geben Massnahmen einzuleiten, die die verursachten Probleme beheben oder zumindest reduzieren können. Die hier vorliegende Arbeit kann dafür als Grundlage dienen, da viele Probleme, wie Daten- und Berechnungsunsicherheiten, in der Berechnung des Wasserfussabdruckes aufgedeckt wurden, welche es nun zu lösen gilt.

Literatur

- ALLAN, J.A. (1998). Virtual Water: A strategic resource global solutions to regional deficits. In: *Ground Water*, 36, 4: S. 545-546.
- ALLAN, J.A. (1999). Productive efficiency and allocative efficiency: why better water management may not solve the problem. In: *Agricultural Water Management*, 40, 1: S. 71-75.
- ALLAN, J.A. (2001). *The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy*. I.B. Tauris, London.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. AND SMITH, M. (1998). *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy. 300 S.
- BONTEMPS, J.D., HERVÉ, J.C, LEBAN, J.M. and DHÔTE, J.F. (2010). Nitrogen footprint in a long-term observation of forest growth over the twentieth century. *Trees* **25**, 237-252.
- BUNDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT (BLW) (Hrsg.) (2010). *Agrarbericht 2010*.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS) (2010). *Landesindex der Konsumentenpreise, Gewichtung 2010*. In: Bundesamt für Statistik (2010): *BFS Aktuell*, 5 Preise, Neuenburg.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS) (2011). *Schweizer Landwirtschaft - Taschenstatistik 2011*.
- DOORENBOS, J. und KASSAM, A. H. (1979). *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 33, FAO, Rome, Italy. 193 S.
- CHAPAGAIN, A.K. AND HOEKSTRA, A.Y. (2004a). *Waterfootprints of nations, Volume 1: Main Report*. Value of Water Research Report Series No. 16. UNESCO-IHE, Delft.
- CHAPAGAIN, A.K. and HOEKSTRA, A.Y. (2004b). *Water footprints of nations - Volume 2: Appendices*. In: Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE Delft.
- EIDGENÖSSISCHE ZOLLVERWALTUNG (EZV) (2011). nicht veröffentlichtes Dokument, nur zum Gebrauch im Rahmen dieses Projektes mittels *Vereinbarung über die Verwendung der schweizerischen Aussenhandelszahlen nach Kantonen, ausgestellt durch die Oberzolldirektion*. Aussenhandelsstatistik, Eidgenössische Zollverwaltung (EZV), Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD), Bern.
- ESPINOZA-ORIAS, N., STICHNOTHE, H. and AZAPAGIC, A. (2010). The carbon footprint of bread. *Int. J. Life Cycle Ass.* **16**, 351-365.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2010). *Global average water footprints of primary crops (m³/ton) over the period 1997-2001*. In: Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2008). *Globalization of water. Sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- HOEKSTRA, A.Y. and CHAPAGAIN, A.K. (2008). *Globalization of Water. Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- HOEKSTRA, A.Y. and CHAPAGAIN, A.K. (2006). *Water footprints of nations: Water use by people as a*

- function of their consumption pattern. In: *Water Resour Manage* (2006).
- HOEKSTRA, A.Y., and HUNG, P.Q. (2002). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series No. 11*, UNESCO-IHE, Delft.
- HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. and MEKONNEN, M.M. (2009). *Water footprint manual. State of the art 2009*. Water Footprint Network, Netherland.
- KANG, S., PAYNE, W. A., EVETT, S. R., ROBINSON, C. A. and STEWART, B. A. (2009). Simulation of winter wheat evapotranspiration in Texas and Henan using three models of differing complexity. *Agricultural Water Management* **96**, 167-178.
- KUO, S.-F., HO, S.-S. and LIU, C.-W. 2006. Estimation irrigation water requirements with derived crop coefficients for upland and paddy crops in ChiaNan Irrigation Association, Taiwan. *Agricultural Water Management* **82**, 433-451
- LIVING PLANET REPORT (2010). WWF, ZSL (Zoological Society of London) und Global Footprint Network (Hrsg.). *Biodiversity, biocapacity and development*.
- MEKONNEN, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, *Value of Water Research Report Series No. 48*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- MOLUA, E.L. and LAMBI C.M. (2006). Assessing the impact of climate on crop water use and crop water productivity: The cropwat analysis of three distiricts in Cameroon. *Departement of Economics, Universtity of Buea, Cameroon*.
- REPORT ON ECOLOGICAL FOOTPRINT IN CHINA (2008). WWF und CCICED (China Council for International Cooperation on Environment and Development) (Hrsg.).
- RÖÖS, E., SUNDBERG, C. and HANSSON, P.A. (2010). Uncertainties in the carbon footprint of refined wheat products: a case study on Swedish pasta. *Int J Life Cycle Ass* **16**, 338-350.
- SONNENBERG A., CHAPAGAIN A., GEIGER M., AUGUST D. and WAGNER W. (2010). *Der Wasser-Fussabdruck der Schweiz. Woher stammt das Wasser, das in unseren Landwirtschaftsprodukten steckt?* WWF Schweiz.
- STANCALIE, G., MARCIA, A. and TOULIOS, L. 2010. Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **35**, 25-30.
- STRICKHOF (2011a). Persönliche Mitteilung von Koch Walter am 21.03.2011.
- STRICKHOF (2011b). Persönliche Mitteilung von Maier Michael am 21.03.2011.

Internetquellen:

EXCHANGE-RATES.ORG (2011): Wechselkurse weltweit und historische Wechselkurse.

<http://de.exchange-rates.org/currentRates/E/CHF> (Zugriff: 26.3.2011).

FAO (Food and Agriculture Organization) (2009): ETo Calculator version 3.1.

<http://www.fao.org/nr/water/eto.html> (Zugriff: 6.12.2010).

FAO (Food and Agriculture Organization) (2010a): CropWat version 8.0.

http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html (Zugriff: 23.11.2010).

FAO (Food and Agriculture Organization) (2010b): ClimWat version 2.0 for CropWat.

http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_climwat.html (Zugriff: 2.12.2010).

FAO (Food and Agriculture Organization) (2010c): Trade statistics. Detailed trade matrix.

<http://faostat.fao.org/site/537/DesktopDefault.aspx?PageID=537> (Zugriff: 10.12.2010).

FORKEL M. (2008): Klimazonen und Klimaklassifikationen. <http://klima-der-erde.de/klimazonen.html>

(Zugriff: 12.01.2011)

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2003): Gesammelte Information rund um den Fussabdruck.

<http://www.footprintnetwork.org> (Zugriff: 02.05.2011).

GÖKO (2011): Ihr ökologischer Weg in die Zukunft.

http://www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/services/Newsletters/handout_b4.pdf

(Zugriff: 02.05.2011).

GREENPEACE (2011): Greenpeace CO₂-Rechner. <http://greenpeace.klima-aktiv.com>

(Zugriff: 02.05.2011).

KANTON ZÜRICH (2011): Statistisches Amt des Kantons Zürich. <http://www.statistik.zh.ch/>

(Zugriff: 26.3.2011).

LANDWIRTSCHAFTLICHER INFORMATIONSDIENST (2011): Bedeutung der Geflügelhaltung.

<http://www.landwirtschaft.ch/de/wissen/tiere/gefluegelhaltung/bedeutung>

(Zugriff: 28.04.2011).

NATIONAL GEOGRAPHIC (2010): Water Footprint Calculator.

<http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/water-footprint-calculator> (Zugriff: 31.12.2010).

MARCIA (2010): Short description of the CROPWAT model.

<http://agromet-cost.bo.ibimet.cnr.it/fileadmin/cost718/repository/cropwat.pdf>

(Zugriff: 05.05.2011)

POVIANDE (2010): Der Fleischmarkt im Überblick 2009.

<http://www.schweizerfleisch.ch/medium.php?id=321240> (Zugriff: 21.04.2011).

SCHWEIZERISCHER BAUERNVERBAND (2011a): Statistik Pflanzenbau - Getreideanbauflächen nach

Arten. http://www.sbv-usp.ch/fileadmin/user_upload/bauernverband/Statistik/

Pflanzenbau/se_2009_0204.pd (Zugriff: 20.04.2011).

- SCHWEIZERISCHER BAUERNVERBAND (2011b): Statistik Pflanzenbau - Offenes Ackerland.
http://www.sbvusp.ch/fileadmin/user_upload/bauernverband/Statistik/Pflanzenbau/se_2009_0203.pdf (Zugriff: 20.04.2011).
- SCHWEIZERISCHER BAUERNVERBAND (2011c): Statistik Viehwirtschaft - Nutztierbestand.
http://www.sbvusp.ch/fileadmin/user_upload/bauernverband/Statistik/Tierhaltung/se_2009_0302.pdf (Zugriff: 20.04.2011).
- SCHWEIZERISCHER BAUERNVERBAND (2011d): Statistik Viehwirtschaft - Verwendbare Produktion von Milchprodukten. http://www.sbvusp.ch/fileadmin/user_upload/bauernverband/Statistik/Tierhaltung/se_2009_0320.pdf (Zugriff: 20.04.2011).
- SURVEY SOFTWARE (2011): Online Survey Software. <http://www.questionpro.com> (Zugriff: 16.2.2011).
- SGE (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG) (2011): Ernährungsinfos.
<http://www.sge-ssn.ch/> (Zugriff: 18.2.2011).
- STATISTIK SCHWEIZ (2011): Bundesamt für Statistik.
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01.html> (Zugriff: 10.5.2011).
- TIERVERKEHRSDATENBANK (2009): Statistiken - Lebende Rinder pro Alterskategorie / Nutzungsart der Kühe. <http://www.tierverkehr.ch/de/stats.php> (Zugriff: 26.04.2011).
- WATER FOOTPRINT NETWORK (2010): Water Footprint.
<http://www.waterfootprint.org/?page=files/home> (Zugriff: 31.12.2010).
- WWF (2011): Fussbadruckrechner.
http://www.wwf.ch/de/tun/tipps_fur_den_alltag/footprintrechner_klimacheck/klimacheck/footprint_wwf_schweiz/ (Zugriff: 02.5.2011).

Anhang A: Umfrage

Die Umfrage diente der Erhebung der konsumierten Mengen bestimmter Lebensmittel. Die Liste der erfragten Lebensmittel wurde unter bestimmten Kriterien erstellt wie in Kapitel 2 beschrieben. Um die sich an der Umfrage beteiligten Personen in die Thematik einzuführen, wurde zuerst nach den konsumierten Lebensmittel des letzten Tages gefragt. Danach wurde spezifisch nach den Mengen, der in Kapitel 2 definierten Lebensmittel gefragt. Für die Berechnung des Wasserfussabdruckes sind nur die Werte ab Frage 7 relevant.

Fragen der Online-Umfrage:

Frage 1

Die folgenden fünf Fragen beziehen sich auf den gestrigen Tag.

Welches der folgenden Produkte haben Sie gestern zum Frühstück konsumiert?

- Scheibe Brot (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)
- Müesli (zuckerhaltig)
- Kaffee
- Tee
- Schokolade
- Marmelade (oder andere Brotaufstriche)
- Früchte
- Anderes (Feld zur manuellen Eingabe vorhanden)

Frage 2

Welches der folgenden Produkte haben Sie gestern zum Znüni konsumiert?

- Scheibe Brot (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)
- Kaffee
- Tee
- Schokolade
- Limonade (5dl)
- Müesli (zuckerhaltig)
- Anderes (Feld zur manuellen Eingabe vorhanden)

Frage 3

Welches der folgenden Produkte haben Sie gestern zum Mittagessen konsumiert?

- Kartoffeln (Salzkartoffeln, Kartoffelstock, Pommes Frites usw.)
- Tomaten
- Gemüse
- Reis
- Mais (Maissalat, Maiskolben usw.)
- Tofu

Sojabohnen
Teigwaren
Rindfleisch
Schweinefleisch
Hühnerfleisch
Limonade
Schokolade
Scheibe Brot (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)
Müesli (zuckerhaltig)
Frucht
Kaffee
Tee
Anderes (Feld zur manuellen Eingabe vorhanden)

Frage 4

Welches der folgenden Produkte haben Sie gestern zum Zvieri konsumiert?

Kaffee
Tee
Scheibe Brot (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)
Müesli
Apfel oder Birne
Zitrusfrucht (Orangen, Mandarine usw.)
Banane
Anderes (Feld zur manuellen Eingabe vorhanden)

Frage 5

Welches der folgenden Produkte haben Sie gestern zum Abendessen konsumiert?

Kartoffeln (Salzkartoffeln, Kartoffelstock, Pommes Frites usw.)
Tomaten
Gemüse, Salat
Reis
Mais (Maissalat, Maiskolben usw.)
Tofu
Sojabohnen
Teigwaren
Rindfleisch
Schweinefleisch
Hühnerfleisch
Limonade
Schokolade
Scheibe Brot (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)
Müesli (zuckerhaltig)
Frucht
Kaffee

Tee
Anderes (Feld zur manuellen Eingabe vorhanden)

Frage 6

War der von Ihnen für die Umfrage betrachtete Tag bezogen auf die konsumierten Mengen:

unterdurchschnittlich
durchschnittlich
überdurchschnittlich

Einführungssatz für die nachfolgenden Fragen:

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf ihren durchschnittlichen Konsum, gemittelt über ein Jahr. Geben Sie bitte die Antworten mit Zahlen an (Bsp.: 4). Wie viel von folgenden Produkten essen Sie pro Woche (Stückzahl)?

Frage 7

Äpfel und Birnen

Frage 8

Wie viel Kilogramm Trauben essen Sie über ein Jahr betrachtet?

Einführungssatz für die nachfolgenden Fragen:

Wie viel Portionen von folgenden Produkten essen Sie pro Woche?

Frage 9

Kartoffeln (Salzkartoffeln, Kartoffelstock, Pommes Frites usw.)

Frage 10

Tomaten

Frage 11

Gemüse (Rüebli, Zucchetti, Sellerie, Salat usw.)

Frage 12

Reis

Frage 13

Mais (Maissalat, Maiskolben usw.)

Frage 14

Tofu (Tofuburger, Tofuschnitzel, Tofuwürfel usw.)

Frage 15

Sojabohnen

Frage 16

Sojamilch

Frage 17

Teigwaren

Frage 18

Rindfleisch

Frage 19

Schweinefleisch

Frage 20

Hühnerfleisch

Frage 21

Wie viel Scheiben Brot, Brötli oder Gebäck essen Sie pro Tag (1 Scheibe Brot = 1 Gebäck = 1 Brötli)?

Einführungssatz für die nachfolgenden Fragen:

Wie viel von folgenden zuckerhaltigen Produkten konsumieren Sie pro Woche?

Frage 22

Limonade (5dl)

Frage 23

Reihen Schokolade (Rechnen Sie bitte andere konsumierte Schokoladearten in Reihen Schokolade um. Bsp: 1 Schoggistengeli = 2 Reihen Schokolade usw.)

Frage 24

Torten- oder Kuchenstücke

Frage 25

Nussgipfel oder ähnliches

Frage 26

Müesli (zuckerhaltig)

Einführungssatz für die nachfolgenden Fragen:

Wie viele Tassen von folgenden Produkten trinken Sie pro Woche?

Frage 27

Kaffee

Frage 28

Schokolade

Frage 29

Tee

Frage 30

Wie viele Portionen Nüsse essen Sie pro Woche (1 Portion = 1 Handvoll)?

Frage 31

Wie viele Esslöffel Öl konsumieren Sie pro Woche (Bsp. Salatsauce, Anbraten usw.)?

Fragen zum Einkaufsverhalten:

Frage 32

Bitte geben Sie ihre Einstellung zu folgenden Aussagen an.

Ich achte bei meinen Einkäufen auf einheimische / lokale Produkte?

trifft sehr zu

trifft zu

neutral

wenig

überhaupt nicht

Frage 33

Ich achte bei meinen Einkäufen auf Bio-Produkte?

- trifft sehr zu
- trifft zu
- neutral
- wenig
- überhaupt nicht

Angaben zur Person

Frage 34

Sie sind...

- StudentIn
- MitarbeiterIn GIUZ
- Anderes

Frage 35

Ich...

- bin im Kanton Zürich wohnhaft.
- bin WochenaufenthalterIn im Kanton Zürich.
- wohne nicht im Kanton Zürich.

Frage 36

Meine Mahlzeiten konsumiere ich...

- alle im Kanton Zürich.
- mind. 3x in der Woche im Kanton Zürich.
- selten bis nie im Kanton Zürich.

Frage 37

Fleischkonsum

- Ich bin VegetarierIn.
- Ich esse sehr selten Fleisch.
- Ich esse mind. 3x in der Woche Fleisch.
- Ich esse jeden Tag Fleisch.
- Ich esse zu jeder Mahlzeit Fleisch.

Frage 38

Mein Jahrgang (Bsp. 1981)

Frage 39

Mein Jahreseinkommen befindet sich im Bereich von (Schweizer Franken):

- < 10'000
- 10'000-20'000
- 20'000-50'000
- 50'000-100'000
- > 100'000

Allgemeine Bemerkungen zur Umfrage (Feld für Bemerkungen vorhanden)

Anhang B: Empfohlene Mengen einer konsumierten Portion

Tabelle 19: Die Angaben entsprechen einer empfohlenen konsumierten Portion eines jeweiligen Nahrungsmittels (SGE).

Nahrungsmittel	Menge [g]	Durchschnittliche Menge [g]
Gemüse	120	120
Früchte	120	120
Brot	75-125	100
Hülsenfrüchte (Linsen)	60-100	80
Kartoffeln	180-300	240
Flocken	45-75	60
Teigwaren	45-75	60
Reis	45-75	60
ander Getreidekörner	45-75	60
Yoghurt	150-180	165
Quark	200	200
Hartkäse	30	30
Weichkäse	60	60
Fleisch	100-120	110
Fisch	100-120	110
Tofu	100-120	110
Öl	5	5
Nüsse	20-30	25
Produkt	Zuckermenge [g/Portion]	
Limonade 5dl	50	
2 Reihen Schokolade	16	
1 Stück Torte	18	
Nussgipfel oder ähnliches	30	
Müesli	11	

Anhang C: Anbauggebiete

Tabelle 20: Quellen zu den Hauptanbaugebieten der einzelnen Produkte im Ausland.

Produkt	Herkunftsland	Hauptanbauggebiete	Quelle
Apfel	Südafrika	Ceres	http://www.kapstadt.de/reisefuehrer/westkueste/ceres/
Birne	Südafrika	Ceres	http://www.kapstadt.de/reisefuehrer/westkueste/ceres/
Traube	Italien	Süden Italiens: Apulien, Bari, Sizilien, Ragusa, am Fuße der Monti Iblei und Agrigento, in der Hügellandschaft um Castrofilippo	http://www.biotropic.com/?mm=17
Zitrus	Spanien	Andalusien, Valencia, Murcia	http://www.koella.com/fileadmin/user_upload/media/Aktuelles/koe_marktinfo_Zitrus_KW41_091009_Duess.pdf
Banane	Ecuador	Im Westen, um die Küste, tropische Tiefland	http://www.biotropic.com/?mm=15
Tomate	Marokko	Nordwesten des Landes	http://proplanet-label.com/Druckversionen/PENNY/OG/PENNY_BEST_ALLIANCE-Tomaten_Marokko.pdf
Kartoffeln	Israel	Gaza, Negev, Süden an Grenze Israel	http://www.palaestina.ch/pdf/Kartoffeln-1.pdf , http://www.fruchtportal.de/aktuelles/lesen/29687/Israel-Kartoffel-und-Karottenerzeuger-erwarten-starke-Exportsaison , http://www.dw-world.de/dw/article/0,,2055617,00.html
Weizen	Deutschland	Bayern, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Westfalen	http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/WeiD_CourierDE/\$file/weizenstandort_2_05.pdf
Reis	Thailand	Zentralebene, an beiden Seiten des Chao Phraya Flusses	http://www.thailandinformation.de/thai-reis-duftreis-jasmin-reis-586-pictures.htm , http://www.arizonas-world.de/html/reisanbau.html

Mais	Österreich	Süden, Westen	http://lebensministerium.at/article/articleview/62181/1/17620/
Soja	Brasilien	Zentral-Norden, Mato Grosso, Parana , Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul	http://agfax.com/Content/early-soy-yields-high-in-brazil-02082011.aspx
Zucker	Frankreich	Norden	http://www.vsz.de/content/cms/upload/DZZ/beilagen/BR-DZM_32_Internet.pdf
Kakao	Ghana	Süden	http://www.theobromacacao.de/wissen/kakaobaum/anbaulteiler/
Kaffee	Brasilien	Parana, Espirito Santos, Sao Paulo, Minas Gerais, Bahia	http://www.coffeeresearch.org/coffee/brazil.htm
Tee	Kenia	Hochland, östlich und westlich des Great Rift Valley, in Höhen von 1.500 und 2.100 Metern	www.kenyatravelideas.com , http://www.ketepa.de/
Erdnuss	Ägypten	Norden, Westen und Osten vom Nil-Delta, Kairo	http://www.commercialdiplomacy.org/case_study/egyption_peanuts.htm
Palm pflanze	Indonesien	Überall	Keine Information vorhanden
Sonnenblume	China	Provinz Heilongjiang	http://tadrunna.de/index.php?id=48&type=0#c171 , http://www.chinaguide.de/china/provinzen/heilongjiang.html