

Umwelteffekte und Vermeidungsstrategien von Lebensmittelverlusten in der Schweiz

Analyse der Umwelteffekte von Lebensmittelverlusten über die gesamte Wertschöpfungskette inklusive Entsorgung und Ableitung von Strategien und Massnahmen zur Verringerung dieser Umwelteffekte

Bericht fürs BLW und BAFU vom Oktober 2016

INHALT

1) Einleitung

2) Methodik

- Wichtigste Aktualisierungen seit November 2015
- Allokationsprinzip
- Unsicherheitsanalyse
- Anwendungen des Modells

3) Ergebnisse und Diskussion

- Massen- und Energieflüsse
 - Umweltwirkungen der Verwertung und Entsorgung von LMV
 - Überblick: Umweltbelastungsbeitragsanalyse aller Lebensmittel am Beispiel des Treibhauspotenzials
 - Vergleich der kumulierte Umweltbelastung der LMV und der Gutschriften der Verwertung
 - Massen-, Kalorien- und Konsumperspektive der Umwelteffekte
 - Neu-Modellierung von Molke, Buttermilch und Getreide
 - Vergleich der Umweltwirkungen mit anderen Sektoren
 - Vergleich mit bestehender Literatur
- Wasser-, Landverbrauch und Biodiversitätseffekte siehe Publikation*

4) Argumente für die Sensibilisierung von Haushalten

5) Schlusswort

6) Abkürzungen, Definitionen und Begriffe

8) Literaturverzeichnis

1) Einleitung

Dieser Bericht ist im Rahmen des Dissertationsprojektes entstanden, welches die Umwelteinflüsse der Lebensmittelverschwendung in der Schweiz untersucht. Das Projekt besteht aus zwei Blöcken. Im ersten Block wird eine Übersicht der gesamten Schweizer Lebensmittelkette erarbeitet und Hotspots von umweltrelevanten Lebensmittelverlusten identifiziert. Im zweiten Block werden Massnahmen ausgearbeitet, welche die Lebensmittelverluste effektiv verringern sollen, und deren Realisierbarkeit geprüft sowie der potenzielle Umweltnutzen quantifiziert. Beide Blöcke werden in je einer Publikation in einem internationalen wissenschaftlichen Journal präsentiert.

In den Publikationen wird nur ein Teil der in der Dissertation ausgearbeiteten Resultate dargestellt. Der Rest ist im Anhang der Publikationen in mehr oder weniger ausgearbeiteter Form dokumentiert. **Dieser Bericht ist eine Ergänzung zur ersten Publikation.** Er stellt gewisse Resultate detaillierter vor, wobei er sich **nach den Interessen der Bundesämter richtet.** Für Resultate, welche in der Publikation in detaillierter Form ausgeführt sind, wird in diesem Bericht auf die Publikation verwiesen. Elemente der Methodik, welche bereits in der Publikation und in vorangehenden Zwischenberichten vollständig dokumentiert sind, werden in diesem Bericht nicht wiederholt; es wird aber auf entsprechende Abschnitte verwiesen.

Den Kern der Arbeit bildet ein differenziertes **Modell der Schweizer Lebensmittelkette**, welches aufgrund aktueller statistischer Daten die **Massen- und Energieflüsse** des Schweizer Lebensmittelkonsums in der Schweiz für **33 separate Lebensmittelkategorien** mit Fokus auf Lebensmittelverluste nachbildet. Das Modell verbindet diese Massen- und Energieflussanalyse mit aktuellen **Ökobilanzdaten aus 5 verschiedenen Datenbanken** und kann mit verschiedenen Wirkungsmethoden, insbesondere Klimateffekt und Umweltbelastungspunkten, die Umwelteffekte der Lebensmittelkette quantifizieren. Es berücksichtigt dabei die landwirtschaftliche Produktion und Fischerei, Transporte und teilweise Lagerung und Kühlung, Verarbeitung, ernährungsgebundene Aktivitäten in Haushalten und Gastronomie sowie die Entsorgung von Lebensmittelverlusten (Kompostierung, Vergärung, Verbrennung in KVA's, Verfütterung an Nutztiere, Entsorgung im Abwasser). Die Resultate des Modells können beliebig differenziert werden nach Lebensmittelkategorie, Stufen der Lebensmittelkette, Entsorgungswege und Wirkungsmethode.

Ein eingebettetes Zusatzmodell ermöglicht **für Wasser-, Landverbrauch und davon verursachte Biodiversitätseffekte eine regionalisierte Analyse**, in dem es die Lebensmittelproduktion aufschlüsselt nach 160 Lebensmittel- und Futtermittelkulturen sowie nach 160 Importländern und mit regionalisierten Charakterisierungsfaktoren für die Land-, Wasser- und Biodiversitätseinflüsse verbindet. Damit sind auch Aussagen zur Auslagerung von Umwelteffekten ins Ausland möglich.

Eine spezielle **Allokationsmethode** ordnet die Umwelteffekte des gesamten Schweizer Lebensmittelkonsums so den verzehrten und den verschwendeten Lebensmitteln zu, dass daraus **direkt das Vermeidungspotenzial von Foodwaste-Reduktionsmassnahmen abgelesen** werden kann. Die Allokation beruht auf der Annahme, dass der Energiegehalt von Lebensmitteln eine gute Näherung für deren Nährwert ist und folglich eingesparte Lebensmittelverluste andere Lebensmittel der gleichen Kategorie in der Menge des gleichen Kaloriengehaltes ersetzen können.

Schliesslich ermöglicht es das erarbeitete Modell, die **Umweltauswirkungen verschiedener Szenarien** zu quantifizieren, indem Parameter wie Menge von Lebensmittelverlusten, Verwertungsmethoden von Lebensmittelverlusten und umweltrelevante Prozesse der Lebensmittelkette (Transporte, Verarbeitungsschritte, Lagerung) variiert werden. Zusätzlich können Veränderungen in Konsummustern modelliert werden, um Verhaltensänderungen im Speiseplan mit Foodwaste-Reduktionsmassnahmen zu vergleichen.

2) Methodik

• Wichtigste Aktualisierungen seit November 2015

Die Methodik und das Modell der Schweizer Lebensmittelkette wurden im Zwischenstandsbericht vom November 2015 (Beretta, 2015) beschrieben. Daher werden in diesem Bericht nur die seither durchgeführten Aktualisierungen beschrieben.

Aktualisierungen der Lebensmittelflüsse

A) Die Lebensmittelflüsse beziehen sich auf die Jahre 2011-2012. Sie wurden gegenüber der Masterarbeit von Beretta et al. (2013) aktualisiert und weiter differenziert nach relevanten Lebensmittelkategorien, wobei folgende Kategorien neu definiert wurden: Exotische und tropische Früchte und Fruchtsäfte, Leguminosen, Nüsse, Samen und Ölfrüchte, sowie Kakao und Kaffee. Dabei wurden bei Lebensmittelkategorien mit relevanten Verarbeitungsschritten die Zustände vor und nach der Verarbeitung separat mit entsprechendem Kaloriengehalt modelliert. Diese Modellierung wurde neu für folgende Verarbeitungsschritte durchgeführt: Fruchtsaftherstellung, Getreide-, Zucker-, Ölverarbeitung sowie Milchindustrie (siehe Kapitel 3). Damit ist die Energieflussanalyse realitätsgetreuer und die Allokation der Umweltwirkungen besser an den Nährwert der Lebensmittelverluste angepasst. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Konsummengen sowie den Zustand und Nährwert der Lebensmittel vor und nach der Verarbeitung.

Tabelle 1: Konsummengen auf Stufe Detailhandel und Nährwert der Lebensmittel im Anfangs- vor und Endzustand nach der Verarbeitung. Quelle 1 bezieht sich auf Swissfruit (2015) und Quelle 2 auf SBV (2014).

Food categories	2011-2012 [t/a]	2011-2012 [kg/p/a]	Source	Original product [kJ/p/d]	Final product [kcal/100g]	Comment to final product
1a Table apples	140'359	17.6	1	106	52.5	52.5
1b Apple juice	64'671	8.1	1	43	52.5	46.0 in tonnes of fruit juice; apple juice: 46 kcal/100g (Yazio.de, 2015)
2a Other fresh table fruits	85'600	10.8	1	64	51.7	51.7
2b Other fresh fruit juices	16'046	2.0	1	11	51.7	49.6 in tonnes of fruit juice
3a Berries	37'294	4.7	1	20	37.6	37.6 more than 50% from importation; incl. kiwi
3b Exotic and citrus table fruits	344'991	43.4	1	164	32.9	32.9 only from importation
3c Exotic and citrus fruit juices	129'300	16.3	1	64	32.9	34.5 only from importation, in tonnes of fruit juice
4 Canned fruits	7'058	0.9	1	17	52.1	171.8 fruits used in the food industry for canning and other convenience food
5 Potatoes	363'130	45.7	2	291	55.6	55.6 fresh, including peel (dried if imported as dried potatoes); incl. cassava (manio), sweetpotato, yam
6 Fresh vegetables	588'820	74.0	2	161	19.0	19.0 ind. zucchini, white / green asparagus, tomato, spinach, lettuce, iceberg, fennel, cucumber, cauliflower, aubergine, avocado, artichoke, broccoli, pumpkin, melon
7a Legumes	25'455	3.2	2	16	43.6	43.6 fresh and unpeeled
7b Other storable vegetables	180'227	22.7	2	49	19.0	19.0 ind. spices, mustard, cabbage white / red, carrot, onion, garlic, celery, radish; fresh and unpeeled
8 Processed vegetables	53'079	6.7	2	55	47.6	71.8 ind. dried legumes; caloric content based on Yazio.de (2015)
9 Bread and pastries	416'060	52.3	2	1'894	285.4	315.8 cereals without durum wheat (pasta, bulgur, couscous) and without rice and maize; other ingredients of bread not included -> incl. rye, oats, triticale, emmer, millet, sorghum, buckwheat, quinoa, green corn, carob (Johannisbrot); in tonnes of grain
10 Pasta	120'839	15.2	2	537	264.0	308.5 all durum wheat, incl. couscous, bulgur; other ingredients not included; in tonnes of grain
11 Rice	45'342	5.7	2	227	347.4	347.4
12 Maize	18'693	2.4	2	65	240.9	240.9
13 Sugar	330'516	41.6	2	1'888	84.5	396.4 ind. starch
14a Vegetal oils and fats	134'832	17.0	2	1'740	635.0	895.5 ind. olive, rapeseed, soybean, sunflower, castor (Rhizinus) oils; margarine
14b Nuts, seeds, oleiferous fruits	44'148	5.6	2	382	300.5	601.0 ind. peanuts, pistachio, almonds, chestnuts, coconuts, olives, soja; without nutshells
15a Milk, other dairy	794'408	99.9	2	766	66.9	66.9 in milk equivalents (normed to average fat and protein content of milk)
15b Meat co-product from milk	10'227	1.3	2	25	110.0	167.1 meat without bones
16a Cheese, whey	400'015	50.3	2	780	67.0	135.3 ind. whey that is consumed (0.24 of raw milk by mass)
16b Meat co-product from cheese	8'725	1.1	2	21	110.0	167.1 meat without bones
17a Butter, buttermilk, skimmed milk	854'688	107.4	2	857	66.9	69.6 ind. buttermilk that is consumed (0.37 of raw milk by mass) and skimmed milk resulting as byproduct from processing
17b Meat co-product from butter	7'441	0.9	2	18	110.0	167.1 meat without bones
18a Eggs without co-product poultry	91'479	11.5	2	161	122.1	122.1
18b Meat from laying hens	4'496	0.6	2	8	103.8	127.1 meat without bones; caloric content from SFF, 2008 and SBV, 2009
19 Pork	197'276	24.8	2	809	229.0	284.5 meat without bones
20 Poultry	75'846	9.5	2	177	132.0	161.7 meat without bones
21 Beef, horse, veal	107'245	13.5	2	258	110.0	167.1 meat without bones, ind. animal fats other than butter
22 Fish, shellfish	60'853	7.7	2	100	114.0	114.0 meat without bones
23 Cocoa, coffee, tea	90'285	11.4	2	482	370.4	370.4 quantified as coffee and cocoa beans (peeled) and as dried tea; coffee grounds not modelled as waste
33 All food categories	5'849'443	735		12'256		

In der untenstehenden Tabelle werden die Bilanzen der Verarbeitung nach Energie und Masse hergeleitet (Details zu Butter und Käse siehe Kapitel 3).

Tabelle 2: Energie- und Massenbilanzen der modellierten Verarbeitung von Lebensmitteln.

Mass and Energy Balance of processing

Numbers in italic from literature (the other numbers are calculated)

Processed vegetables			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	47.6	unprocessed
51%	26%	24.3	by-products
49%	74%	71.8	processed

The energy yield is assumed to be equal to processed fruits. Calorific contents from SBV (2013).

Apple juice			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	52.5	unprocessed
23%	32%	74.1	by-products
77%	68%	46.0	processed

The energy yield is based on SBV (2009), the calorific contents on SBV (2013).

Processed fruits			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	52.1	unprocessed
78%	26%	17.4	by-products
22%	74%	171.8	processed

The energy yield is based on SBV (2009), the calorific contents on SBV (2013).

Exotic fruit juices			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	32.9	unprocessed
29%	26%	29.2	by-products
71%	74%	34.5	processed

The energy yield is based on SBV (2009), the calorific contents on SBV (2013).

Sugar			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	84.5	unprocessed
83%	20%	20.6	by-products
17%	80%	396.4	processed

Values deduced from SBV (2009) and relating to fresh matter.

Other fruit juices			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	51.7	unprocessed
23%	26%	58.4	by-products
77%	74%	49.6	processed

The energy yield is based on SBV (2009), the calorific contents on SBV (2013).

Butter production			
37% of buttermilk consumed*			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	66.9	raw milk
84.9%	42%	33.0	skimmed milk
3.4%	1.7%	33.0	avoidable losses
4.4%	2.5%	37.8	buttermilk for feed
2.6%	1.5%	37.8	buttermilk
4.7%	52%	751.2	butter
92.2%	95.8%	69.6	butter, buttermilk, skimmed milk

* Based on statistical data on Swiss buttermilk production and use in 2015 it is estimated, that 37% of the buttermilk available from dairy processing is used as food (drinks, buttermilk powder, further processing) (SBV, 2016). The remaining 63% are assumed to be fed to livestock. The average calorific content of butter and buttermilk is based on SBV, 2013, the mass yield of butter deduced from SBV 2016. Additional avoidable losses are estimated 1.7% of dry matter (Mosberger et al., 2016).

Calorific contents from SBV (2013).

Mass yield from milk statistics in SBV (2009).

Cheese production			
24% of whey consumed** 31% of whey high quality feed** 45% of whey fed to swine**			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	67.0	raw milk
32.6%	1.7%	3.5	avoidable losses
14.2%	13%	63.3	whey fed to calves (unav. FW)
20.7%	20%	63.3	whey fed to swine (AFW)
20.3%	10%	34.4	whey consumed
12.3%	55%	299.1	cheese
32.6%	66%	135.3	cheese + whey consumed

** 24% of whey is consumed as human food, 31% as high quality feed for calves and shoats (unavoidable FW), and 45% is fed to swine (AFW). Whey is modelled with 18% dry matter (-> 63 kcal/100g) because than it is suitable for transport from dairy plant to further processing facility (Kopf-Bolan, 2015). Avoidable losses additional to whey are estimated 1.7% of dry matter (Mosberger et al., 2016); we assume dry matter and energy content to be proportional.

Oils and fats			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	635.0	oil crops
4%	3%	428.9	oil cake to AD
42%	29%	428.9	oil cake feed
9%	6%	428.9	oil cake (edible)
44%	63%	895.5	oil

According to the feed balance 385'421 t FM of oil grist and cake is fed to livestock. With 6'917 TJ the calorific content is 428.9 kcal/100g (SBV, 2009). According to Mosberger et al. (2016) by-products and losses from oil processing make up 60% of oil DM output (37% of oil crop input); thereof 92.3% is fed to animals, 7.7% sent to anaerobic digestion (rapeseed and sunflower oil production in Switzerland). Furthermore, they estimate that 17-18% of the losses would be edible. We assume energy and dry matter to be proportional.

Bread and pastries			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	287.9	grains
20%	12%	172.0	bran for animal feeding
1.1%	0.6%	172.0	bran used as food
79%	87%	319.0	flour

The yield of flour from milling is based on average statistics for the years 1990-2014 (SBV, 2016), the share of bran used as food is taken from Reuge (2012). Calorific contents are based on Souci et al. (2008) and SBV (2013).

Nuts, seeds, oleiferous fruits			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	300.5	nuts with nutshells
50%	0%	0.0	nutshells
50%	100%	601.0	nuts without shell

Percentage of nut shells: paranuts 51%, hazelnuts 58%, walnuts 57%, peanuts 20% (Souci et al., 2008). Assumed average: 50%. Calorific content of shells is neglected since the shells are not edible.

Pasta			
mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	263.6	grains
32%	19%	172.0	bran for animal feeding
1.1%	0.6%	172.0	bran used as food
67%	79%	308.0	flour

The yield of flour from milling is based on average statistics for the years 1990-2014 (SBV, 2016), the share of bran used as food is assumed equal to bran from other cereals. Calorific contents are based on Souci et al. (2008) and SBV (2013).

- B) Die prozentualen, vermeidbaren Lebensmittelverluste wurden durch neue Literaturdaten aktualisiert, insbesondere für folgende Flüsse:
- **Produktion exotischer Früchte** aufgrund einer Untersuchung in Jamaica (Palipane and Rolle, 2008)
 - Verluste in der Wertschöpfungskette von **Kartoffeln** (Willersinn, 2015)
 - **Milchverluste in der Produktion** aufgrund einer Untersuchung in Frankreich (Bareille et al., 2015)
 - **Molkenverluste** (Kopf-Bolanz et al., 2015, Mosberger et al., 2016) (Kap. 3)
 - **Buttermilchverluste** durch Interview und Datenaustausch mit Daniel Erdin und Lena Obrist vom Schweizer Bauernverband (SBV, 2016) (Kap. 3)
 - **Getreideverluste** durch Interview und Datenaustausch mit Therese Amstutz vom Schweizer Bauernverband (SBV, 2016) (Kap. 3)
 - Verluste im **Detailhandel** aktualisiert durch neue Primärdaten von Schweizer Detailhändlern (vertraulich)
 - Verluste in der **Gastronomie** ergänzt mit Daten aus einer Untersuchung von 25 Gastronomiebetrieben in Österreich (Hrad and Obersteiner, 2015) sowie mit Daten von „United Against Waste“ zu 15 Schweizer Hotels (United_Against_Waste, 2015)
 - **Lebensmittelspenden** wurden aktualisiert mit aktuellen Daten von *Tischlein deck dich*, den *Schweizer Tafeln* sowie *Partage*
 - Die **Verwertung** von Lebensmittelverlusten wurde aktualisiert aufgrund von Daten von Konrad Schleiss (Schleiss, 2015), der neulich abgeschlossenen BAFU-Studie zu Lebensmittelverlusten in der Verarbeitungsindustrie (Mosberger et al., 2016) sowie einer Bachelorarbeit an unserem Institut (Kohler, 2015)

Aktualisierungen von Ökobilanzdaten

- C) Daten aus folgenden **Datenbanken** wurden **aktualisiert**:
Ecoinvent auf V3.2, Daten von der *ZHAW* und *Eaternity* wurden neu mit *Ecoinvent* V3.2 verknüpft (Kreuzer et al., 2014, Eymann et al., 2015), die *WFLDB* auf V3.0 aktualisiert und *Agribalyse*-Daten auf v1.2
- D) Die **regionalisierte Biodiversitätsanalyse** wurde neu modelliert mit aggregierten Charakterisierungsfaktoren, welche diesen Sommer publiziert wurden (Chaudhary et al., 2016).
- E) Die Umwelteinflüsse der **Verfütterung von Lebensmittelverlusten** wurden mit einem neuen **Optimierungstool** modelliert, welches für verschiedene Lebensmittelverlustkategorien die für eine maximale Kosten- und Klimaeffekt-Einsparung optimale Futtermittelzusammensetzung aus Gerste, Weizen und Proteinfutter definiert, welche damit bei gleichem Nährwert substituiert werden können (Vadenbo et al., 2016). Es wird dabei der Protein-, Lysin-, Energie-, Phosphor- und Ballaststoffgehalt berücksichtigt und nach Früchten und Gemüsen, Getreide, Kartoffeln, Milch, Molke und Fleisch unterschieden. Die übrigen Lebensmittelkategorien werden einer dieser Kategorien zugeordnet. Die Substitution wird dem entsprechenden Energiegehalt angepasst.

- **Allokationsprinzip** (aktualisiert aus dem Zwischenstandsbericht Nov 2015)

Das Ziel des verwendeten Allokationsprinzips ist es, den **Umweltnutzen der Vermeidung** bestimmter Lebensmittelverluste zu quantifizieren. Dazu werden die gesamten Umweltbelastungen der Lebensmittelkette auf den Lebensmittelverzehr sowie die einzelnen Flüsse an Lebensmittelverlusten aufgeteilt (alloziiert). Bei Produkten und Stufen der Lebensmittelkette, bei denen die Lebensmittelverluste grosse Umweltbelastungen verursachen, sind Vermeidungsmassnahmen besonders effektiv.

In Abbildung 1 wird das Allokationsprinzip veranschaulicht. Die Grafik zeigt, wie die Umweltbelastungen vom Ort, wo sie in die Umwelt gelangen (z.B. landwirtschaftliche Produktion), über die einzelnen Stufen der Lebensmittelkette, wo die Lebensmittelverluste anfallen, bis hin zum Endkonsumenten zugeordnet werden. Dabei werden sie an den Stellen der Lebensmittelkette, wo ein Teil der Lebensmittel verloren geht, jeweils aufgeteilt auf die verwerteten und auf die verschwendeten Lebensmittel. Diese **Aufteilung** erfolgt **nach dem Verhältnis des verdaulichen Energiegehaltes der verwerteten und der verschwendeten Lebensmittel**.

Die **Dicke der „Flüsse“** spiegelt die **Grösse der jeweiligen Umweltbelastung** wider. Dabei ist zu betonen, dass die „Flüsse“ die **theoretische Zuordnung der Umweltbelastungen** vom Ort, wo sie in die Umwelt gelangen, zum Endkonsumenten, dem sie angelastet werden, darstellen. **Sie zeigen also keine physischen Stoffflüsse**.

Die Umwelteffekte der landwirtschaftlichen Produktion von Lebensmitteln (grüner Fluss vom Traktor ausgehend in Abbildung 1) und die Umwelteffekte der Verwertung der unvermeidbaren Verluste, die in der Landwirtschaft anfallen (z.B. durch nasse Witterung schlecht gewordene Kirschen in Abbildung 1), werden nach dem Verhältnis der in der Landwirtschaft verschwendeten (z.B. aussortierte, unförmige Karotten) und der an den Handel abgelieferten Produkte auf einen grünen und einen roten Fluss aufgeteilt. Die Dicke des grünen Flusses nach der Allokation (in Abbildung 1 mit schwarzen Pfeilspitzen dargestellt) entspricht den Umweltbelastungen, die den verwerteten Lebensmitteln zugeordnet werden, die Dicke des roten Flusses derjenigen Umweltbelastung, welche den verschwendeten Lebensmitteln zugeordnet werden.

Die Umwelteffekte der **Verwertung der vermeidbaren Verluste** (z.B. Verfütterung von in der Landwirtschaft aussortierten Karotten) werden von Anfang an **vollständig den Verlusten** in der Landwirtschaft **zugeteilt**, weil sie durch Vermeidung dieser Verluste zu 100% eingespart werden könnten. Aus diesem Grund ist der Fluss, der in Abbildung 1 von den Karotten ausgeht, von Anfang an rot gezeichnet.

Auf der nächsten Stufe der Lebensmittelkette (Handel) erfolgt die Allokation wieder nach dem gleichen Prinzip. In Abbildung 1 werden die Umwelteffekte, welche den vermeidbaren Verlusten auf der Stufe Handel zugeordnet werden, orange dargestellt.

Die Flüsse können im Modell auch **negative Werte** annehmen und zu einer **Verringerung der Umweltbelastungen** führen. Dies ist der Fall, wenn durch die Verwertung der Lebensmittelverluste andere Produkte (z.B. Futtermittel oder Dünger) oder Energie substituiert werden.

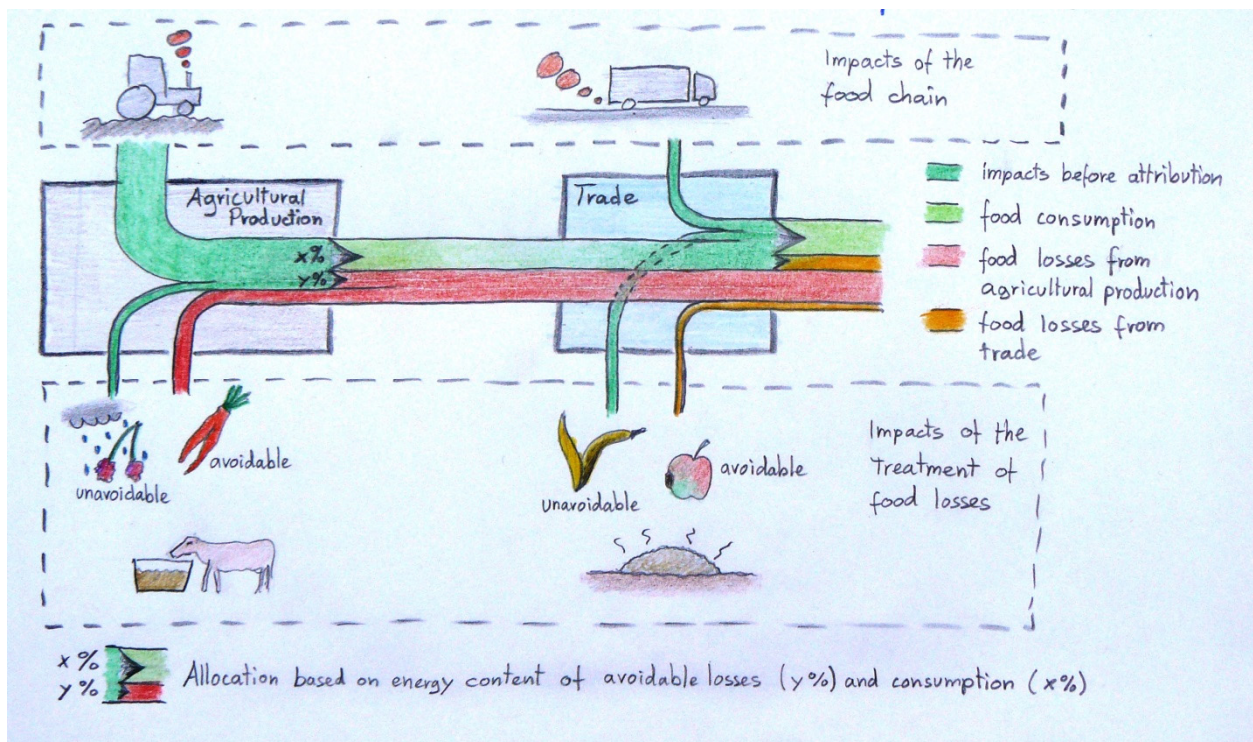


Abbildung 1: Visualisierung des Allokationsprinzips der Umweltbelastungen zum Lebensmittelverzehr und zu den Verlusten der einzelnen Stufen der Lebensmittelkette. Die Allokation dient der Priorisierung von Vermeidungsmassnahmen zur Reduktion von Lebensmittelverlusten. Bei Verlusten, denen hohe Umweltbelastungen zugeordnet werden, sind Vermeidungsmassnahmen besonders wirksam für die Umwelt. Erklärung siehe Text.

• Unsicherheitsanalyse

Ökobilanzdaten treffen nie exakt auf die zu untersuchenden Objekte zu. Deshalb wurde für jede Lebensmittelkategorie eine Analyse durchgeführt, wie gut die verfügbaren Ökobilanzdaten den tatsächlich gemäss Schweizer Warenkorb konsumierten Lebensmitteln entsprechen. Dazu wurde eine Pedigree-Analyse gemacht und die fünf Indikatoren *reliability*, *sample size*, *completeness*, *temporal*, *geographical*, and *further technological correlation* untersucht. *Reliability* untersucht die **wissenschaftliche Qualität der Daten** (z.B. verifizierte Messungen oder grobe Schätzungen), *sample size* und *completeness* wie gut die verfügbaren Datensätze **mit den tatsächlich konsumierten Produkten übereinstimmen**, *temporal correlation* wie **aktuell** die Daten sind, *geographical correlation* wie gut die Daten die **Herkunft** der tatsächlich konsumierten Produkte abbildet und *technological correlation* wie ähnlich die **Produktionsbedingungen** im Haupt-Herkunftsland der konsumierten Lebensmittel und dem Produktionsort der verwendeten Ökobilanz-Datensätze sind, wobei die mittlere Düngieranwendung pro Hektare als Indikator dient.

Es zeigt sich, dass die meisten Nahrungsmittelkategorien mit relativ passenden Ökobilanzdaten abgebildet werden können. Mangelhafte Datenqualität liegt bei exotischen Früchten und Beeren und bei Reis vor, ein deutliches Verbesserungspotenzial ist v.a. bei Rindfleisch, Ölen und Fetten und bei Stimulantien festzustellen. Die übrigen Lebensmittelkategorien können relativ treffend abgebildet werden (Details im Anhang zur Publikation).

Tabelle 3: Pedigree Matrix (eigene Darstellung, angepasst von Frischknecht et al. (2007)).

Pedigree score	1	2	3	4	5 (default)
Reliability (to be checked in report or internet)	Verified data based on measurements	Verified data partly based on assumptions or non-verified data based on measurements	Non-verified data partly based on qualified estimates	Qualified estimate or data derived from theoretical information	Non-qualified estimate
Completeness¹	100-80%	60-80%	40-60%	20-40%	<20%
Sample size²	100-80%	60-80%	40-60%	20-40%	<20%
Temporal correlation	2012-2016	2010-2012	2005-2010	2000-2005	Before 2000
Geographical correlation	LCA dataset referring to the same country where most of the products come from	Geographically close countries with the same climatic conditions	Countries with the same or similar climatic conditions	Countries with slightly different climatic conditions	Countries with different climatic conditions or data unknown
Further technological correlation	Same practices in fertilizer application (0-10% difference)	Similar practices in fertilizer application (10-30% difference)	Rather similar practices in fertilizer application (30-50% difference)	Rather different practices in fertilizer application (50-70% difference)	Different practices in fertilizer application (more than 70% difference)

• Anwendungen des Modells

Das aktuelle Modell ist zusammengesetzt aus verschiedenen Software-Tools (Excel mit VBA, Simapro, eSankey) und eignet sich für die Anwendung in der Wissenschaft. Es ist zu kompliziert und träge für eine Anwendung in der Praxis (durch Behörden oder für die Beratung von Akteuren der Lebensmittelindustrie). Es wäre aber realistisch, das Modell in einem interdisziplinären Folgeprojekt zu operationalisieren und praxistauglich zu machen.

¹ Dataset for a SPECIFIC OR SIMILAR product accounts for x% of the consumption of a food category

² Datasets for a SPECIFIC product accounts for x% of the consumption of a food category

3) Ergebnisse und Diskussion

Wie bereits erwähnt ist das Modell sehr flexibel und ermöglicht die Beantwortung verschiedenster Fragestellungen. Dieses Kapitel ist nur eine Zusammenstellung von einzelnen ausgewählten Ergebnissen, die aufgrund der Besprechung im September 2016 als relevant erachtet werden. In der vorbereiteten Publikation mit dem ausgedehnten Anhang und späteren Szenario Analysen wird aber eine breitere Auswahl an Ergebnissen vorgestellt.

- **Massen- und Energieflüsse**

Die beiden nachfolgenden Abbildungen illustrieren die Energie- und Massenflussanalyse, zuerst als Stoffflussdiagramm der gesamten Lebensmittelkette und der Verwertung der Verluste, dann in Form von Säulendiagrammen für die einzelnen Lebensmittelkategorien.

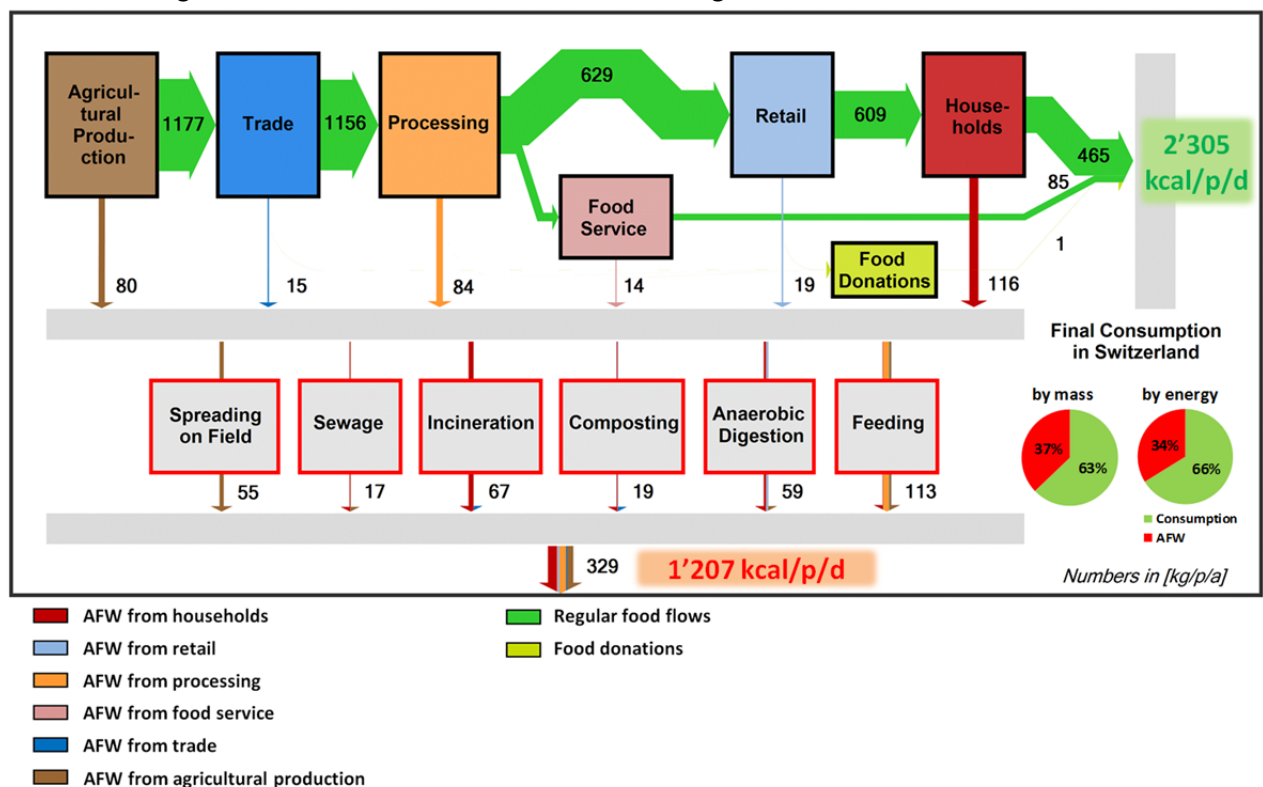


Abbildung 2: Massenflussanalyse der Schweizer Lebensmittelkette und der Verwertung von Lebensmittelverlusten in [kg/p/a]. Die verzehrten Lebensmittel sowie die gesamten vermeidbaren Lebensmittelverluste werden zudem in kcal/Person/Tag angegeben und die jeweiligen Anteile werden in den beiden Kuchendiagrammen für Masse und Energie veranschaulicht. AFW = avoidable food waste.

Die Aufteilung der Lebensmittelverluste auf die einzelnen Verwertungswege beruht auf groben Schätzungen, unter anderem vom Bericht zum Postulat „Chevalley“ (Baier and Deller, 2014), von der Erhebung der Kehrrechtzusammensetzung (BAFU, 2014), von Verfütterungsdaten vom BLW (Spycher and Chaubert, 2011), von Interviews mit Konrad Schleiss (Schleiss, 2015) und von einer Bachelorarbeit an unserem Institut (Kohler, 2015). Die Aufteilung ist auch in Abbildung 7 dargestellt. Die Resultate zeigen, dass der mengenmässig grösste Anteil der Verluste auch heute noch verfüttert wird; dabei kommt der grösste Anteil aus der Lebensmittelindustrie (80 von 113 kg/p/a), wobei die verfütterte Molke und Buttermilch aus der Milchverarbeitung den grössten Teil von rund 40 kg/p/a ausmachen, gefolgt vom verfütterten Getreide aus Müllereibetrieben mit 33 kg/p/a. Nach der Verfütterung sind die Verbrennung in KVA's, die Verwertung in Biogasanlagen sowie die „Kompostierung“ von Ernteverlusten auf dem Feld die mengenmässig relevantesten Verwertungswege. Die Entsorgung in KVA's wird vorwiegend durch die Haushalte verursacht. Die modellierten 70 kg/p/a Lebensmittelverluste aus Haushalten (inkl. unvermeidbare) sind dabei konsistent mit den 45-85 kg/p/a, welche die Kehrrechtsackanalyse schätzt.

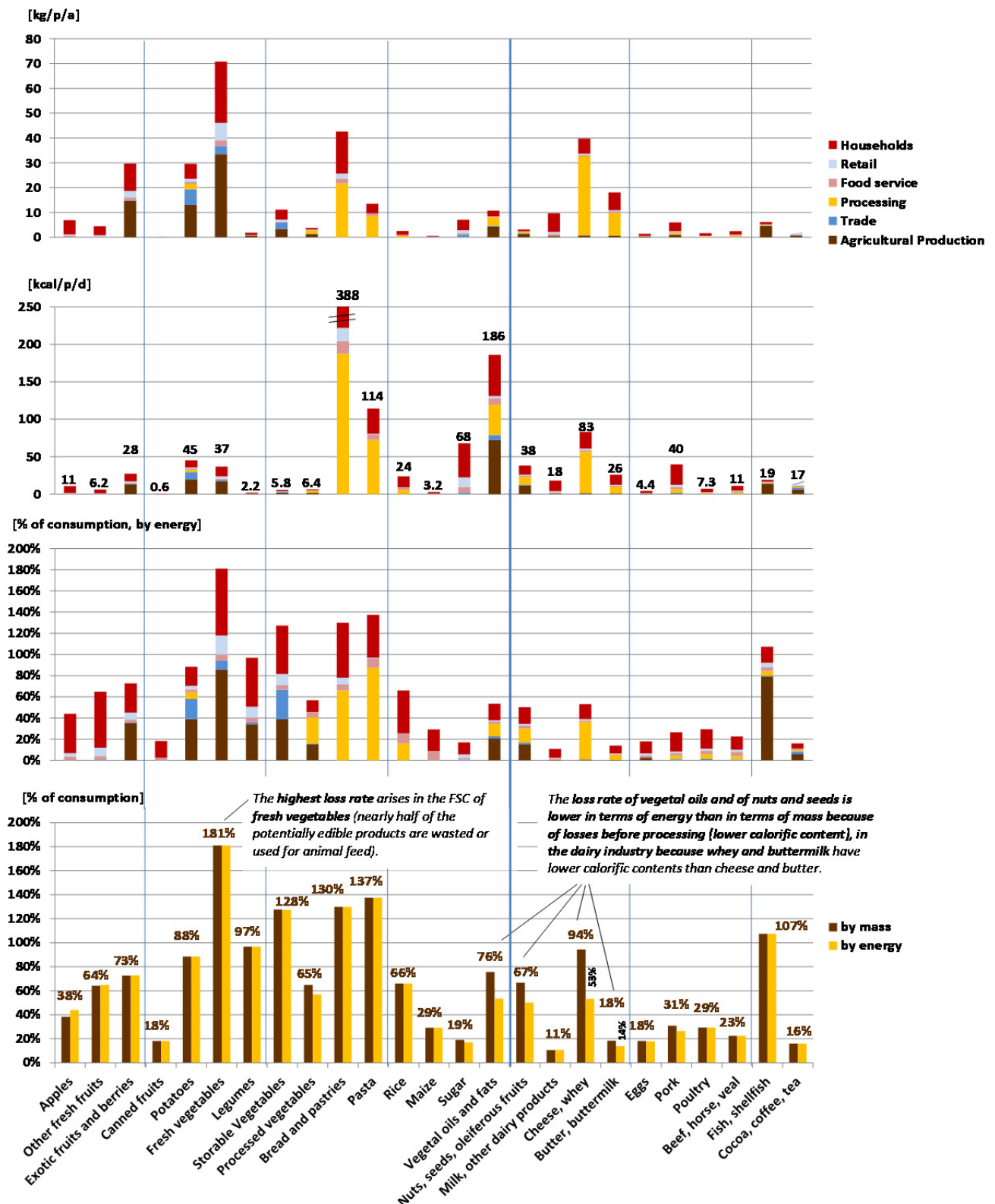


Abbildung 3: Verschiedene Betrachtungen der Verluste pro Lebensmittelkategorie und pro Stufe der Lebensmittelkette: Mengen in Kilogramm pro Person und Jahr (oberste Grafik), Energiegehalt pro Person und Tag (2. Grafik), Prozent des Energiegehaltes der Verluste im Vergleich zur verzehrten Energie derselben Lebensmittelkategorie (3. Grafik) und Vergleich der Massen- und Energiebetrachtung.

Aus der produktespezifischen Betrachtung der Energie- und Massenflüsse (Abbildung 3) geht hervor, dass mengenmässig Gemüse, Brote und Backwaren, verarbeitete Milchprodukte sowie exotische Früchte bei den absoluten, vermeidbaren Verlusten am meisten ins Gewicht fallen. Bei Betrachtung des Energiegehaltes werden Früchte- und Gemüseverluste fast irrelevant und auch die Milchprodukte verlieren an Bedeutung. Dies ist aber mit Vorsicht zu interpretieren, da speziell bei diesen Produktgruppen der Kaloriengehalt kein vollständiger Indikator für den Nährwert ist. Insofern können die Gemüse-, Früchte- und Molkenverluste ernährungstechnisch ein grosses Potenzial bieten, auch wenn deren Kaloriengehalt relativ tief ist, insbesondere in entwickelten Ländern wie der Schweiz, in denen die Bevölkerung sowieso im Mittel zu viele Kalorien zu sich nimmt. Nun aber zurück zur Energiebetrachtung: Hier werden Brote und Backwaren zu den Spitzenreitern, gefolgt von pflanzlichen Fetten und Ölen. Zucker wird bei der Energiebetrachtung auch relevant.

Wenn wir nun die Verluste relativ zur verwerteten Menge der entsprechenden Lebensmittelkategorie darstellen, so fallen auch in kleineren Mengen konsumierte Produktgruppen ins Gewicht. Getreide bleibt relevant und Gemüse wird sowohl bei der Massen- als auch bei der Energiebetrachtung zum Spitzenreiter; allerdings fallen nun auch Früchte, Fisch und Reis stark ins Gewicht. Während bei Fischen der Beifang dominiert und bei Gemüsen die landwirtschaftlichen Verluste, so sind es bei Getreide und Käse die Verarbeitungsverluste. Bei fast allen Lebensmittelkategorien spielen die Haushalte eine mehr oder weniger relevante Rolle.

• Umweltwirkungen der Verwertung von LMV (vorwiegend Netto-Nutzen)

Abbildung 3 zeigt, dass bei Getreide bezüglich Klimaeffekt und UBPs pro kg Lebensmittel die bekannte „Abfall-Hierarchie“ zutrifft: 1. Priorität vermeiden, 2. verfüttern, 3. vergären oder fachgerecht kompostieren, 4. verbrennen. Für alle Lebensmittel schneidet die Vermeidung bei weitem am besten ab, sowohl bezüglich des Klimaeffekts als auch bezüglich UBPs. Für Lebensmittel mit geringerem Energiegehalt ist die beste Verwertungsmethode von weiteren Faktoren abhängig. Wird die Kompostierung fachgerecht gemacht und der Kompost als Ersatz für Dünger und Torf zur Verbesserung der Bodenstruktur eingesetzt, so schneidet die Kompostierung besser ab als die Verbrennung in einer KVA, unter Umständen sogar besser als die Vergärung und die Verfütterung. Für Öle und Fette schneiden hingegen Vergärung und Verbrennung besser ab als die Kompostierung (in Abbildung 3 nicht eingezeichnet).

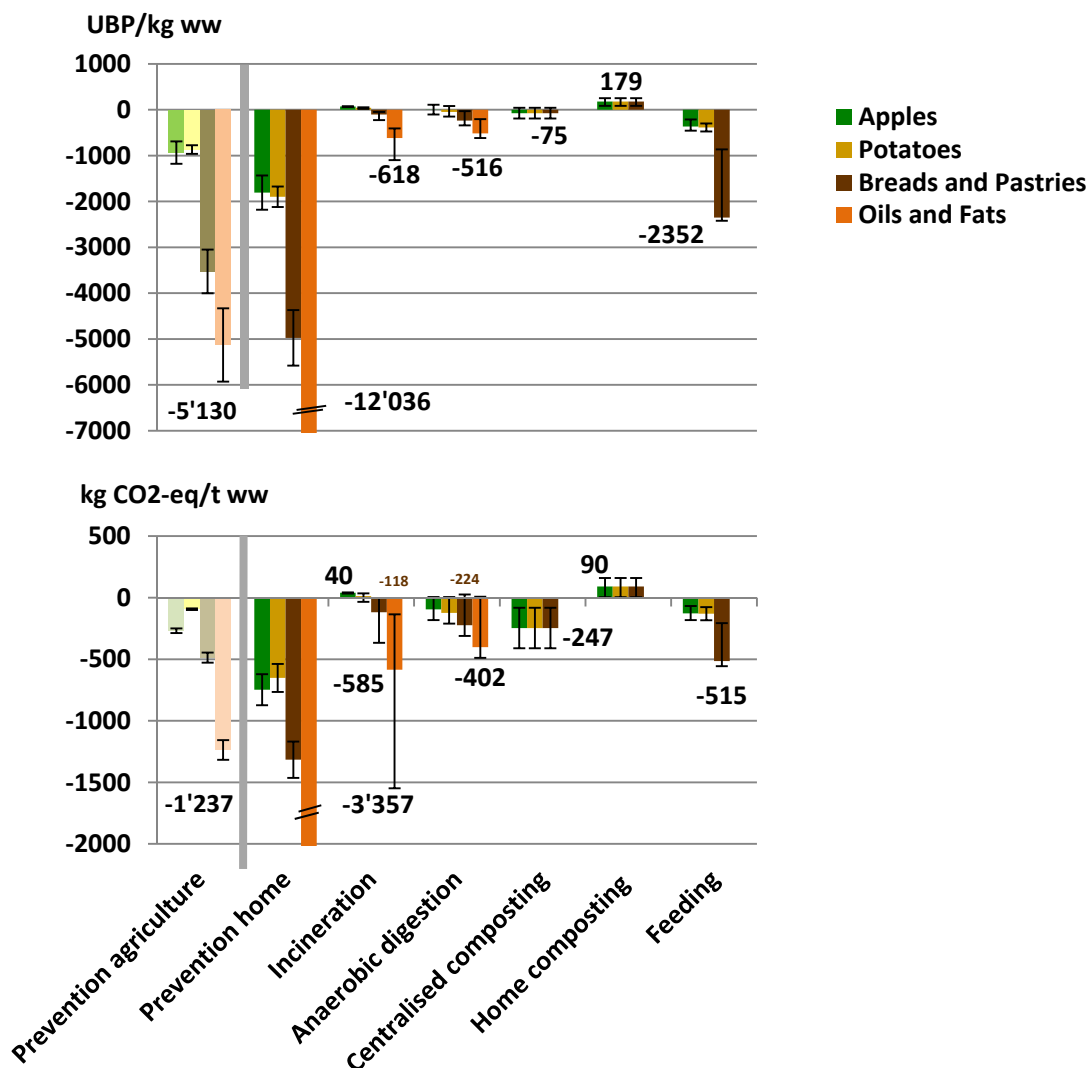


Abbildung 4: Einsparung von Umwelteffekten durch Foodwaste-Vermeidung in der landwirtschaftlichen Produktion (ganz links) und im Haushalt (rechts vom grauen Balken), im Vergleich zur Einsparung von Umwelteffekten durch verschiedene Foodwaste-Verwertungsverfahren (Verbrennung, Vergärung, Kompostierung, Verfütterung), dargestellt für Äpfel, Kartoffeln, Brote und Backwaren sowie Öle und Fette. Die Angaben beziehen sich jeweils auf 1 kg Lebensmittelverluste. Die Angaben in der Landwirtschaft sind nicht direkt mit den anderen vergleichbar, weil die Produkte noch unverarbeitet sind (z.B. unverarbeitete Ölpflanzen, Getreidekörner). Die Balken zeigen den Unsicherheitsbereich an.

• Überblick: Umweltbelastungsbeitragsanalyse aller Lebensmittel am Bsp. des Treibhauspotenzials

Dieses Kapitel soll das Modellierungskonzept der Umweltbelastungsbeitragsanalyse der Schweizer Lebensmittelkette sichtbar machen und erläutern. Die untenstehende Abbildung zeigt die Umwelteinflüsse der gesamten Lebensmittelkette von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Konsum. Die senkrecht nach oben zeigenden Flüsse quantifizieren den Klimaeffekt der einzelnen Stufen der Lebensmittelkette. Die horizontalen Flüsse zeigen nicht die physischen Umwelteffekte, sondern die jeweils den verzehrbaren Lebensmitteln (grün) und den in den jeweils vorangehenden Stufen der Lebensmittelkette verschwendeten Lebensmitteln (rot) zugeordneten Umwelteffekte. Die senkrecht nach unten zeigenden Flüsse quantifizieren die Umwelteffekte der Verwertung der LMV, wobei hellgrüne Flüsse mit grünen Ziffern Umweltgutschriften bedeuten. Das Modell quantifiziert also die Umwelteffekte der in den viereckigen Kästchen stattfindenden Prozesse (Ackerbau, Lagerung, Transporte etc.) und ordnet diese aufgrund des Energiegehaltes den Lebensmitteln und den LMV zu (siehe dazu auch Kapitel „Allokationsprinzip“). Dies wird separat für 33 Lebensmittelkategorien durchgeführt, wobei die Summe der Effekte aller Kategorien in Abbildung 4 dargestellt ist für den Klimaeffekt. Das Modell berechnet die jeweiligen Daten für insgesamt 65 „Midpoint“ und „Endpoint“ Umweltindikatoren.

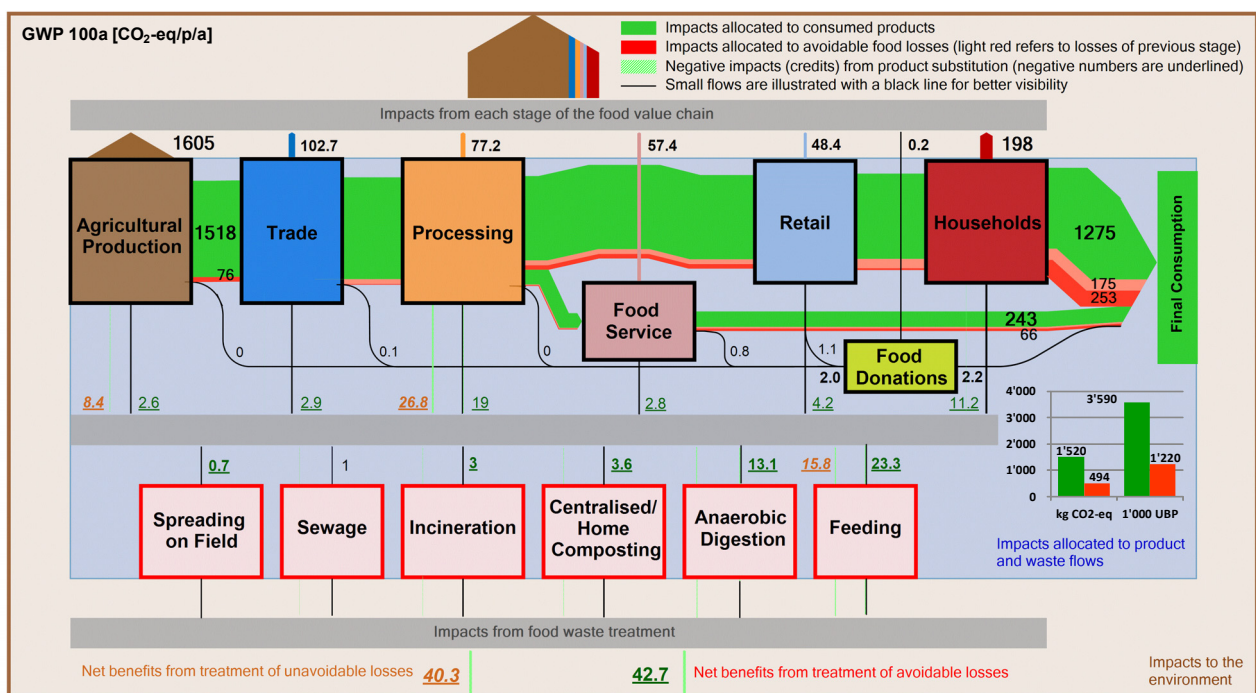


Abbildung 5: Klimaeffekte [in kg CO₂-eq/Person/Jahr; IPCC (2013)] des Schweizer Lebensmittelkonsums, einschliesslich Produktion der einzelnen Prozesse der Lebensmittelkette (braun=Landwirtschaftliche Produktion inklusive Fischerei, Blau=Handel, Orange=Verarbeitung etc.) sowie der Verwertung der LMV. Die grünen Flüsse zeigen die Belastungen, welche den verzehrten Lebensmitteln zugeordnet werden, die roten Flüsse diejenigen, welche den LMV zugeordnet werden. Braun hinterlegt ist die Biosphäre, blau hinterlegt die Technosphäre. Die Pfeile in die Biosphäre entsprechen den physischen Flüssen (tatsächlicher Ausstoss an Treibhausgasen), die Flüsse in der Technosphäre visualisieren hingegen die Zuordnung der Umweltbelastungen über die Lebensmittelkette zum Endkonsumenten, wobei auf diesem Weg durch die farbliche Differenzierung zwischen roten und grünen Flüssen die Zuordnung zu verzehrten und verschwendeten Lebensmitteln gemacht wird. Das Säulendiagramm zeigt die totale Umweltbelastung des Schweizer Lebensmittelverzehrs und aller Verluste bezüglich Klimaeffekt und UBPs.

Vergleich der kumulierten Umweltbelastung der LMV und der Gutschriften der Verwertung

Die Diagramme in Abbildung 6 zeigen, dass die Lebensmittelverluste etwa einen Drittel so viele Umwelteinflüsse wie die verzehrten Lebensmittel verursachen. Dieses Verhältnis ist für den Klimaeffekt und die UBPs etwa ähnlich. Dabei sind Haushalte und die Verarbeitungsindustrie die beiden Stufen der Lebensmittelkette, auf denen die umweltrelevantesten Verluste anfallen (ähnliche Aussagen sind aus den Kuchendiagrammen in Fig. 2 der Publikation zu lesen). Die rechten Diagramme schlüsseln diese Effekte auf in die Umwelteffekte, welche durch die Produktion und die Lebensmittelkette verursacht werden, und die Effekte, welche durch die Verwertung der LMV verursacht werden (vorwiegend Gutschriften substituiert Produkte). Die Resultate zeigen, dass die aktuelle Verwertung nur etwa 5-10% der durch die Verschwendung verursachten Umwelteffekte einsparen kann, wobei der Anteil beim Klimaeffekt mit 8% etwas grösser ist als bei den UBPs mit 6%. Die meisten Gutschriften stammen von Verlusten der Verarbeitungsindustrie, v.a. bezüglich UBPs. Dies ist vorwiegend auf den hohen Anteil verfütterter LMV zurückzuführen (siehe dazu Abbildung 7).

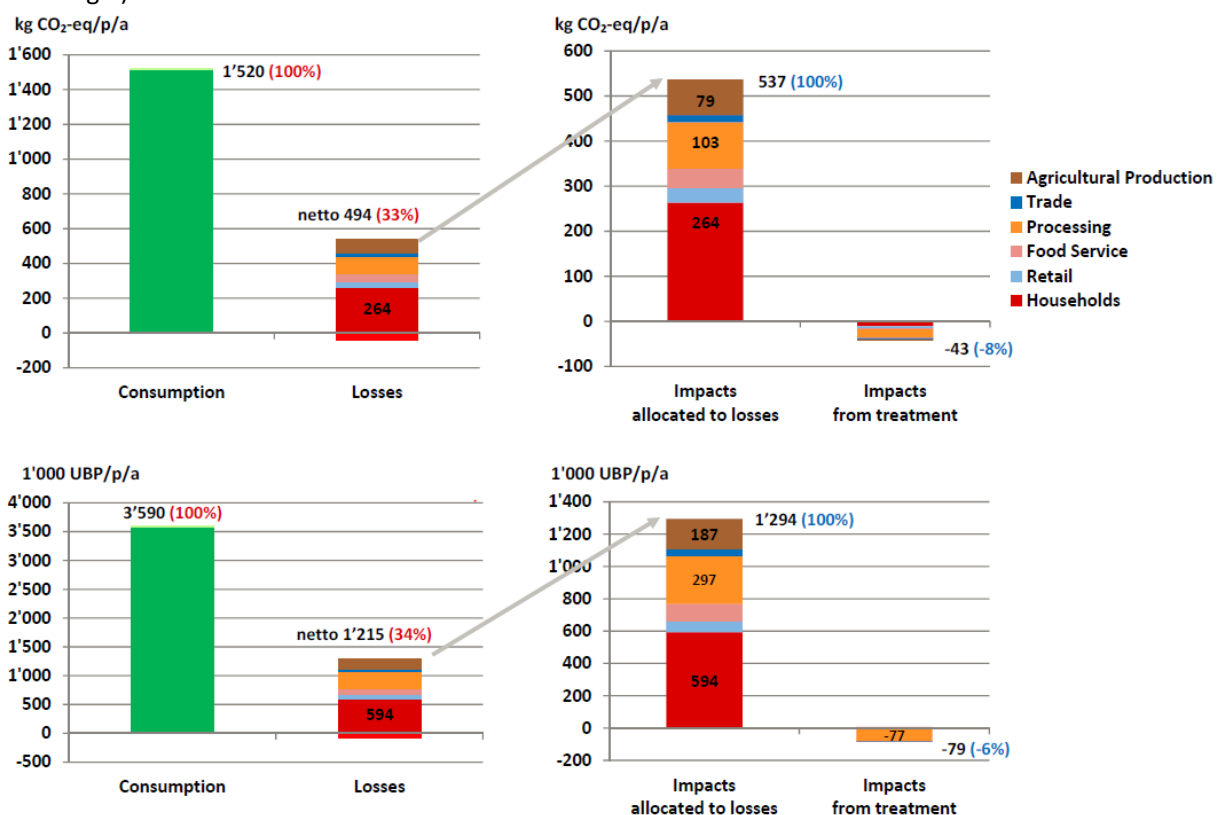


Abbildung 6: Klimaeffekte (oben) und Umweltbelastungspunkte (unten) des gesamten Lebensmittelverzehrs und der vermeidbaren LMV inklusive Verwertung (Nettoeffekte), aufgeschlüsselt nach den Stufen der Lebensmittelkette, auf denen die LMV anfallen. Die beiden rechten Diagramme zeigen vergrössert die Effekte der LMV, wobei jeweils links die kumulierten Effekte der Lebensmittelkette und rechts die Nettoeffekte der Verwertung der LMV aufgetragen sind.

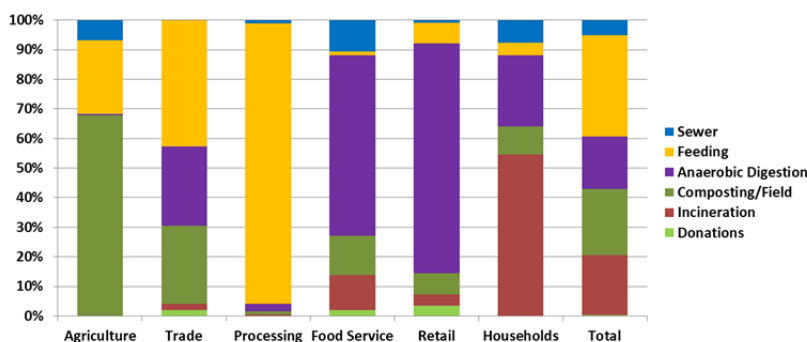


Abbildung 7: Modellierter Verwertungswege der auf verschiedenen Stufen der Lebensmittelkette anfallenden LMV (Prozentanteile auf Frischsubstanz bezogen). Die Daten beruhen auf groben Schätzungen und sollen als Grössenordnungen interpretiert werden (siehe auch Seite 9).

- Massen-, Kalorien- und Konsumperspektive der Umwelteffekte

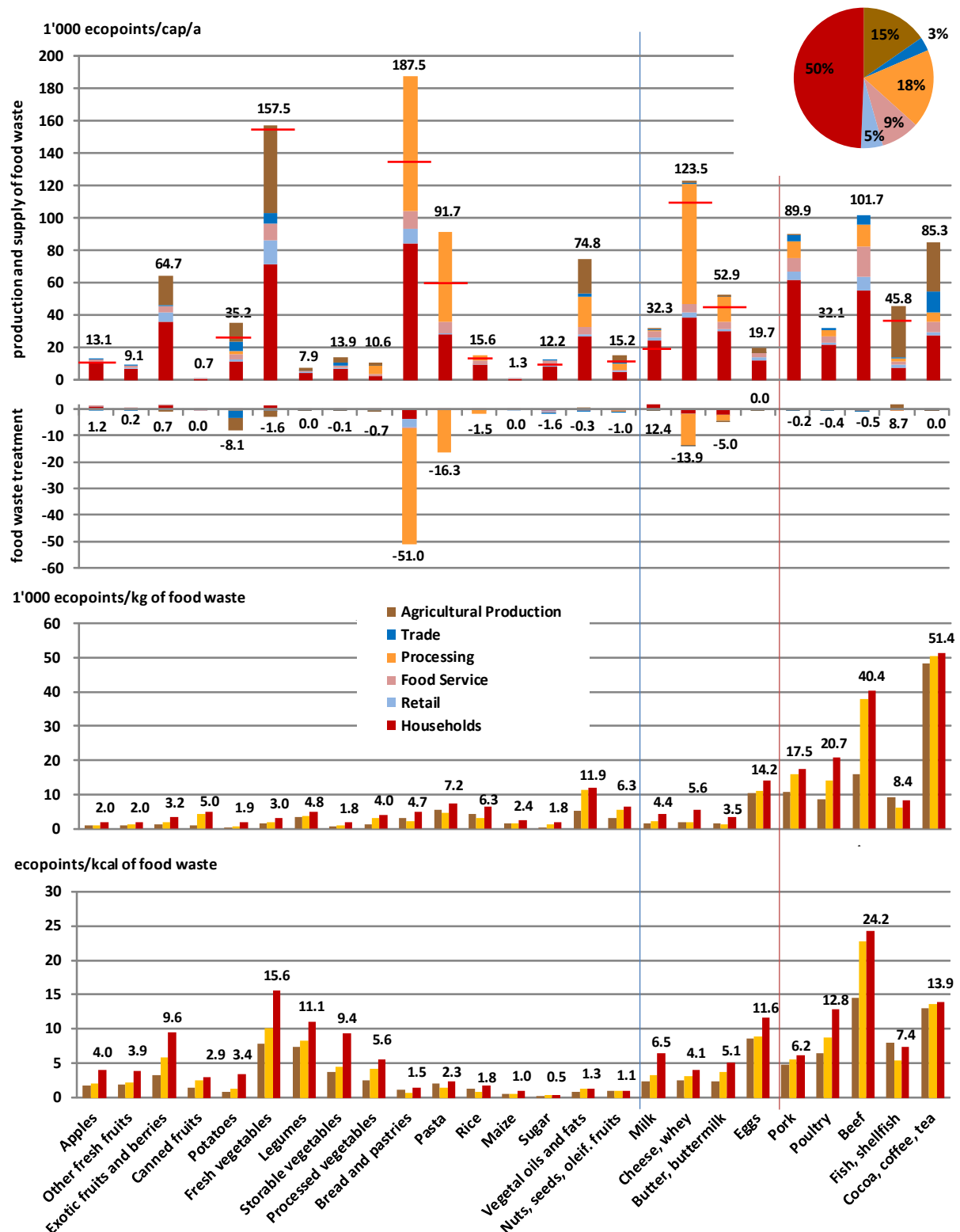


Abbildung 8: Umweltbelastungspunkte der Lebensmittelverluste und ihrer Verwertung, aufgeschlüsselt nach Lebensmittelkategorien und Stufen der Lebensmittelkette, auf der sie anfallen. Die roten horizontalen Striche geben die Netto-Umweltbelastung nach Abzug der Gutschriften für die Verwertung an. Die beiden unteren Grafiken zeigen die Netto-Umweltbelastung pro kg und pro kcal LMV. Das Kuchendiagramm zeigt die Aufschlüsselung auf die Stufen der Lebensmittelkette.

Bei der Aufschlüsselung der Umwelteffekte der LMV auf die einzelnen Produkte können drei Perspektiven unterschieden werden, welche in der vorangehenden Abbildung dargestellt sind und nachfolgend kurz diskutiert werden:

(I) Umwelteffekte der absoluten Konsummengen

Diese Perspektive zeigt auf, wo das grösste Handlungspotenzial auf die Schweiz bezogen ist. Es ist daher relevant für Akteure wie Bundesämter, welche auf das gesamte Schweizer Ernährungssystem Einfluss nehmen können.

Wichtigste Bereiche:

- **Frischgemüse** (Aussortierung und Überproduktion in der Landwirtschaft, Haushalte)
- **Getreideverluste** (v.a. Aussortierung und Nebenprodukte der Raffination, Haushalte)
- **Käseverarbeitung** (Molkenverluste aus der Verarbeitung, Haushalte)
- **Rindfleisch und Schweinefleisch** (v.a. Haushalte)
- **Kaffee, Kakao, pfl. Öle und Fette, exotische Früchte** (v.a. Landwirtschaft und Haushalte)

Die grössten Gutschriften der Verwertung kommen bei den Verarbeitungsverlusten von Getreide und Molke zustande.

(II) Umwelteffekte pro Kilo LMV

Diese Perspektive zeigt die Produkte, bei denen ein Kilo Verlust besonders relevant ist. Dies kann hilfreich sein für das Bewusstsein von Akteuren, welche im Alltag mit Lebensmitteln zu tun haben, z.B. Küchenpersonal und KonsumentInnen. Für sie ist wichtig zu erkennen, dass Kakao, Kaffee und Rindfleisch die Spitzenreiter sind, bei denen schon kleine Mengen eine grosse Umweltwirkung haben. Zusätzlich sind die meisten tierischen Produkte sowie Öle und Fette relativ umweltrelevant.

(III) Umwelteffekte pro Kalorie LMV

Die Nährwert-Perspektive ist entscheidend für umweltbewusste Kauf- und Ernährungsentscheidungen. Sie hilft, den Nährstoffbedarf durch gezielte Produktwahl auf umweltschonende Art zu decken. Im Zusammenhang mit LMV kann sie folgendermassen interpretiert werden: Wenn wir uns für Produkte entscheiden, die eine hohe Umweltbelastung verursachen, um einen bestimmten Nährwert zu erreichen, dann sollten wir umso mehr sorgsam mit ihnen umgehen und sie nicht verschwenden.

Ähnlich wie bei der vorherigen Perspektive sind Fleischprodukte sehr relevant. Gegensätzlich dazu fallen nun aber auch Gemüse und exotische Früchte ins Gewicht. Der geringe Nährwert dieser Produkte sollte aber mit Vorsicht interpretiert werden, da Früchte und Gemüse trotz tiefem Kaloriengehalt viele wertvolle Nährstoffe enthalten.

Grundsätzlich nehmen die spezifischen Umwelteffekte der LMV über die Lebensmittelkette wegen der Akkumulierung von Effekten zu. In den vorangehenden Diagrammen gibt es einzelne Ausnahmen, welche auf die Gutschriften der Verwertung von LMV zurückzuführen sind (z.B. bringt Beifang aus der Fischerei keinerlei Umweltutzen, wohingegen die Verarbeitungsverluste in Biogasanlagen entsorgt werden und Energie und Dünger substituieren können).

- **Neu-Modellierung von Molke, Buttermilch und Getreide**

Die Modellierung der Verarbeitung von Molke, Buttermilch und Getreide wurde überarbeitet und mit differenzierteren Daten ergänzt, da sich die vermeidbaren Verluste bei diesen Sektoren als besonders relevant herausstellten.

Käseherstellung

Die Massen- und Energiebilanz der Verarbeitung von Rohmilch zu Käse wurden aufgrund der statistischen Erhebungen des Schweizer Bauernverbandes und der Milchstatistik (SBV, 2014) erstellt. Danach geht 55% der Energie der verarbeiteten Milch in den Käse, der Rest in die Molke. Gemäss der kürzlich erstellten BAFU-Studie zur Lebensmittelverarbeitung (Mosberger et al., 2016) und einer Studie zum Potenzial der Verwertung von Molke in Lebensmitteln (Kopf-Bolanz et al., 2015) werden aktuell 24% der Molke in Form von Lebensmitteln konsumiert (über die Hälfte davon exportiert), 31% werden als qualitativ höherwertiges Proteinfutter an Kälber und Ferkel verfüttert, die restlichen 45% an Schweine verfüttert. Gemäss Kopf-Bolanz ist für Kälber und Ferkel die spezifische Nährstoffzusammensetzung der Molke wichtig und kann vermutlich nicht durch pflanzliche Futtermittel ersetzt werden, für Schweine hingegen kann Molke problemlos durch pflanzliche Futtermittel substituiert werden³. Deshalb wird dieser Anteil der Molke als unvermeidbare Verluste definiert, obwohl bei einer Reduktion des Fleischkonsums auch diese Molke mindestens teilweise für die menschliche Ernährung verfügbar würde.

Die somit **als vermeidbar klassifizierten Molkenverluste** machen in leicht aufkonzentrierter Form, um besser von der Käserei zur weiteren Verarbeitung transportiert werden zu können, etwa **250'000 t** aus (bei 63 kcal/100g) oder **55 kcal pro Person und Tag**. Die durch die Verwertung der Molke als Lebensmittel vermeidbare Umweltbelastung entspricht etwa **40 kg CO₂-eq pro Person und Jahr** oder **60'000 UBPs/p/a**, wobei die Umwelteffekte der als Molkenersatz nötigen Futtermittel berücksichtigt sind, nicht aber die allfälligen Umwelteffekte der Weiterverarbeitung der Molke zu Lebensmitteln. Bei diesen Resultaten sind zusätzlich zu den Molkenverlusten noch andere vermeidbare Verluste berücksichtigt, welche gemäss Kopf-Bolanz 1.7% der Trockenmasse der verarbeiteten Milch ausmachen (hier proportional zum Energiegehalt angenommen).

Der in der Nahrungsmittelkategorie „Käse und Molke“ modellierte Verarbeitungsooutput beinhaltet sowohl den Käse als auch die 24% Molke, welche bereits heute als Lebensmittel konsumiert werden. Deshalb ist der modellierte Energiegehalt von 135 kcal/100g deutlich tiefer als der mittlere Energiegehalt von Käse (300 kcal/100g).

Butterherstellung

Die Butterherstellung wurde aufgrund von statistischen Daten von Daniel Erdin vom Schweizer Bauernverband modelliert (SBV, 2016). Dabei werden zwei Verarbeitungsschritte gemäss Tabelle 5 berücksichtigt: Im ersten Schritt wird Rohmilch zu Rahm und Magermilch verarbeitet, im zweiten Schritt Rahm zu Butter und Buttermilch. Von der Buttermilch werden gemäss Schätzung von Daniel Erdin aufgrund von Angaben der Treuhandstelle Milch GmbH und Statistiken des SBV etwa 37% als Lebensmittel konsumiert, wobei die Schätzung mit Unsicherheit verbunden ist, weil Buttermilch „als Abfallprodukt betrachtet und nicht systematisch erfasst wird“. Die restlichen 63% der Buttermilch werden grösstenteils an Tiere verfüttert. Bei der Magermilch wird analog zur Käseherstellung gemäss Schätzung von Mosberger et al. (2016) angenommen, dass 1.7% der verarbeiteten Trockenmasse als vermeidbare Verluste anfallen (Tabelle 4).

Somit ergeben sich **zwischen 60'000 und 65'000 t Butter- und Magermilchverluste** aus der Butterproduktion mit einem mittleren Kaloriengehalt von 35 kcal/100g. Die Buttermilchverluste haben

³ Zitat von Kopf-Bolanz (2015): „...Heutzutage werden neben unverarbeiteten Molken auch Molkenproteinkonzentrate (WPC35, hier ist Protein an- und Laktose abgereichert, so dass 35 % der Trockenmasse Proteine sind) in nasser oder getrockneter Form eingesetzt. Ferkel und Kälber in der Aufzucht sind auf die Versorgung mit ernährungsphysiologisch hochwertigen Proteinquellen angewiesen. Hingegen können Schweine prinzipiell auch auf Basis von Getreide gemästet werden, hier spielt vor allem der Preis des Futtermittels die entscheidende Rolle...“

einen Energiegehalt von etwa 63 TJ/a und liegen damit etwas höher als die 58 TJ/a, welche Erdin für die Schweizer Butterproduktion angibt. Die vermeidbaren Butter- und Magermilchverluste entsprechen somit etwa **9 kcal pro Person pro Tag**. Der potenzielle Umweltnutzen der Vermeidung macht **7 kg CO₂-eq pro Person und Jahr** oder **12'000 UBPs/p/a** aus.

Tabelle 4: Massen- und Energiebilanz der Butter- und Käse-Herstellung mit Differenzierung von konsumierten Verarbeitungsprodukten (grün) und Verlusten (AFW = avoidable food waste). Kursive Zahlen sind aus den unten genannten Referenzen entnommen, die übrigen Zahlen durch Massen- und Energiebilanz davon abgeleitet.

Butter production				Cheese production			
37% of buttermilk consumed*				24% of whey consumed**			
mass	energy	kcal/100g		mass	energy	kcal/100g	
100%	100%	66.9	raw milk	100%	100%	67.0	raw milk
84.9%	42%	33.0	skimmed milk	32.6%	1.7%	3.5	avoidable losses
3.4%	1.7%	33.0	avoidable losses	14.2%	13%	63.3	whey fed to calves (unav. FW)
4.4%	2.5%	37.8	buttermilk for feed	20.7%	20%	63.3	whey fed to swine (AFW)
2.6%	1.5%	37.8	buttermilk	20.3%	10%	34.4	whey consumed
4.7%	52%	751.2	butter	12.3%	55%	299.1	cheese
92.2%	95.8%	69.6	butter, buttermilk, skimmed milk	32.6%	66%	135.3	cheese + whey consumed

* Based on statistical data on Swiss buttermilk production and use in 2015 it is estimated, that 37% of the buttermilk available from dairy processing is used as food (drinks, buttermilk powder, further processing) (SBV, 2016). The remaining 63% are assumed to be fed to livestock. The average calorific content of butter and buttermilk is based on SBV, 2013, the mass yield of butter deduced from SBV 2016. Additional avoidable losses are estimated 1.7% of dry matter (Mosberger et al., 2016).

** 24% of whey is consumed as human food, 31% as high quality feed for calves and shoats (unavoidable FW), and 45% is fed to swine (AFW). Whey is modelled with 18% dry matter (-> 63 kcal/100g) because than it is suitable for transport from dairy plant to further processing facility (Kopf-Bolan, 2015). Avoidable losses additional to whey are estimated 1.7% of dry matter (Mosberger et al., 2016); we assume dry matter and energy content to be proportional.

Tabelle 5: Massen- und Energiebilanz der Butter-, Buttermilch- und Magermilch-Produktion. Kursive Zahlen sind aus den rechts genannten Referenzen entnommen, die übrigen Zahlen durch Massen- und Energiebilanz davon abgeleitet.

	[kcal/100g]	mass-%	energy-%
Raw milk	66.9 (SBV, 2013)	100%	100%
Cream	325.1	12%	56%
Skimmed milk	33.0 (Yazio.de)	88%	44%

	[kcal/100g]	mass-%	energy-%	production 2015 [t/a]
Cream	325.1	12%	56%	
Butter	751.2 (SBV, 2013)	4.7%	52%	43'353 (SBV, 2013)
Buttermilk	37.8 (SBV, 2013)	6.9%	3.9%	64'293 (SBV, 2016)

Getreideverarbeitung

Die Verluste von Müllereibetrieben werden gemäss Tabelle 6 eingeteilt in drei Typen von Verlusten:

- (I) aufgrund von **mangelnder Nachfrage** deklassiertes Getreide
-> als vermeidbare Verluste klassifiziert, weil es gelagert und später verwendet oder zur Substitution von Importgetreide eingesetzt werden könnte
- (II) aufgrund von **nicht erfüllten Qualitätsanforderungen** der Backindustrie verfüttertes Getreide (zu tiefe „Fallzahl“ und Backfähigkeit, Auswuchsgetreide)
-> als vermeidbare Verluste klassifiziert, weil es bei angepassten Backprozessen oder etwas weniger heiklen Anforderungen der Konsumierenden an Normbackwaren verwertbar wäre und gesundheitlich einwandfrei ist (siehe Tabelle 6, DON-Toleranzwert)
- (III) **Nebenprodukte der Raffination** (vorwiegende Kleie)
-> als vermeidbar klassifiziert, weil Vollkorngetreide und Kleie gesundheitlich sogar vorteilhaft sind gegenüber Auszugsetreide und Weissmehl (SGE, 2014)

Die Quantifizierung von Kategorie (I) und (II) ist insofern mit Unsicherheit verbunden, dass die anfallenden Mengen sehr stark von Jahr zu Jahr schwanken. In dieser Arbeit werden Mittelwerte der Jahre 2008-2015 verwendet (Tabelle 6). Für die Kategorie (III) wird ein mittlerer Ausmahlungsgrad von 78.8% für Brotgetreide (Abbildung 9) und von 67.4% für Hartweizen (zur Teigwarenproduktion) angenommen (SBV, 2016). Zudem wird angenommen, dass die von Reuge (2013) geschätzten 1.05% der Weizenkleie, welche als Lebensmittel verwertet werden, auch für andere Getreidesorten zutreffen. Somit resultieren in der einheimischen und importierenden Produktionskette etwa **175'000 t** vermeidbare Brotgetreideverluste und fast **70'000 t** vermeidbare Hartweizenverluste. Dies ist mehr als die gemäss Futtermittelbilanz verfütterten Nebenerzeugnisse aus der Mülerei (zwischen 150'000 und 200'000 t, je nach Jahr), erscheint aber bei einem Getreide-Selbstversorgungsgrad von 50-60% plausibel (SBV, 2014). Der Nährwert der vermeidbaren Verluste entspricht knapp **190 kcal pro Person pro Tag** aus der Brotgetreide-Verarbeitung und gut **70 kcal pro Person pro Tag** aus der Teigwarenproduktion.

Tabelle 6: Vermeidbare Verluste in der ersten Verarbeitungsstufe von Brotgetreide zu Mehl. (I) bezieht sich auf ursprünglich für den menschlichen Verzehr angebautes Getreide, welches zu Futterzwecken deklassiert wird aufgrund von mangelnder Nachfrage (geschätzt anhand von deklassiertem Weichweizen im Mittel zwischen 2008 und 2015). (II) bezieht sich auf Brotgetreide, welches aufgrund von mangelnder Qualität die Anforderungen der Backindustrie nicht erfüllt und an Tiere verfüttert wird. Es wird geschätzt aufgrund der Gesamtmenge an Brotgetreide, welche gemäss SBV (2016) an Tiere verfüttert wird, abzüglich der unter (I) genannten deklassierten Getreidemenge. Dieses Getreide wird als vermeidbare Lebensmittelverluste klassifiziert, weil der Grenzwert für Mykotoxine gemäss Bruno Hartmann (Swissmill, 2016) für Schweine tiefer liegt als für Lebensmittel (Deoxynivalenol (DON)-Toleranzwert von 1 mg/kg für Schweine, weil Muttersauen zur Erhaltung ihrer Fruchtbarkeit sehr sensibel reagieren). Die unter (III) angegebenen Verluste beziehen sich auf Nebenprodukte der Getreideraffination, vorwiegend Kleie, welche aufgrund des hohen Anteils an Weissmehl und der geringen Nachfrage nach Vollkornmehl und Kleie anfallen..

Reason	Percentage by mass	Comment	References
(I) low demand -> declassification	3.2%	based on wheat, 2008-2015	SBV (2016)
(II) high quality standards for baking	7.8%	based on bread cereals, 2008-2015	SBV (2016)
(III) refining (white flour production)	20.1%	assuming 1.05% of bran used for food	SBV (2016), Reuge, 2012)

Für die Berechnung der Umwelteffekte der in Tabelle 6 aufgeführten Verluste wurde die Produktion des Brotgetreides (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer) aufgrund von Ecoinvent 3.2 Daten sowie die Transporte gemäss Datensatz der World Food LCA Database 3.0 (WFLDB, 2015) für „Bread, from wheat flower GLO“ modelliert. Die Umwelteffekte der Mahl- und Backprozesse wurden erst nach der Sortierung modelliert und folglich nur dem Mehl-Output aus der Mülerei angelastet, nicht aber dem verfütterten Getreide. Somit resultieren etwa **16 kg CO₂-eq pro Person und Jahr** oder **83'000 UBPs/p/a**, welche den vermeidbaren Verarbeitungsverlusten von Brotgetreide zugeordnet werden. Die Gutschriften für die Futtermittelsubstitution berücksichtigen einen Mix aus Futterweizen, Gerste und Sojaschrot mit den gleichen Nährstoffgehalten wie das substituierte Getreide (siehe Kapitel 2 E). Der durch die Substitution der Ersatzfuttermittel eingesparte Transport wird ebenfalls gutgeschrieben, der zusätzlich nötige Transport der Getreideverluste hingegen wird vernachlässigt. Die Produktion von einem Kilo Futtergetreide braucht **76% der Produktionsfläche** von einem Kilo durchschnittlich produziertem Brotgetreide (SBV, 2013) und verursacht etwa **8% weniger Treibhausgasemissionen** und **36% weniger UBPs**. Deshalb ist die Verfütterung von Brotgetreide gegenüber Futtergetreide ökologisch suboptimal.

Unter Berücksichtigung der genannten Gegebenheiten resultieren Gutschriften für die Getreideverluste aus Mülereien von fast **10 kg CO₂-eq pro Person und Jahr** oder **44'000 UBPs/p/a**. Die **Netto-Umwelteffekte der Brotgetreideverluste**, welche durch Vermeidung potenziell eingespart werden könnten, machen also knapp **7 kg CO₂-eq pro Person und Jahr** oder **39'000 UBPs/p/a** aus und liegen somit unter dem Potenzial der Verluste der Käseverarbeitung und über dem Potenzial bei der Butterherstellung. Für das Vermeidungspotenzial der **Teigwarenherstellung** kommen **weitere 7 kg CO₂-eq/p/a** oder **39'000 UBPs/p/a** dazu (der Umweltutzen pro kg eingesparte Verluste ist hier grösser als bei Brotgetreide, weil die Umwelteffekte pro kg Hartweizenproduktion deutlich grösser, die substituierbaren Futtermittel aber etwa gleich sind).

Getreidebilanz nach Masse

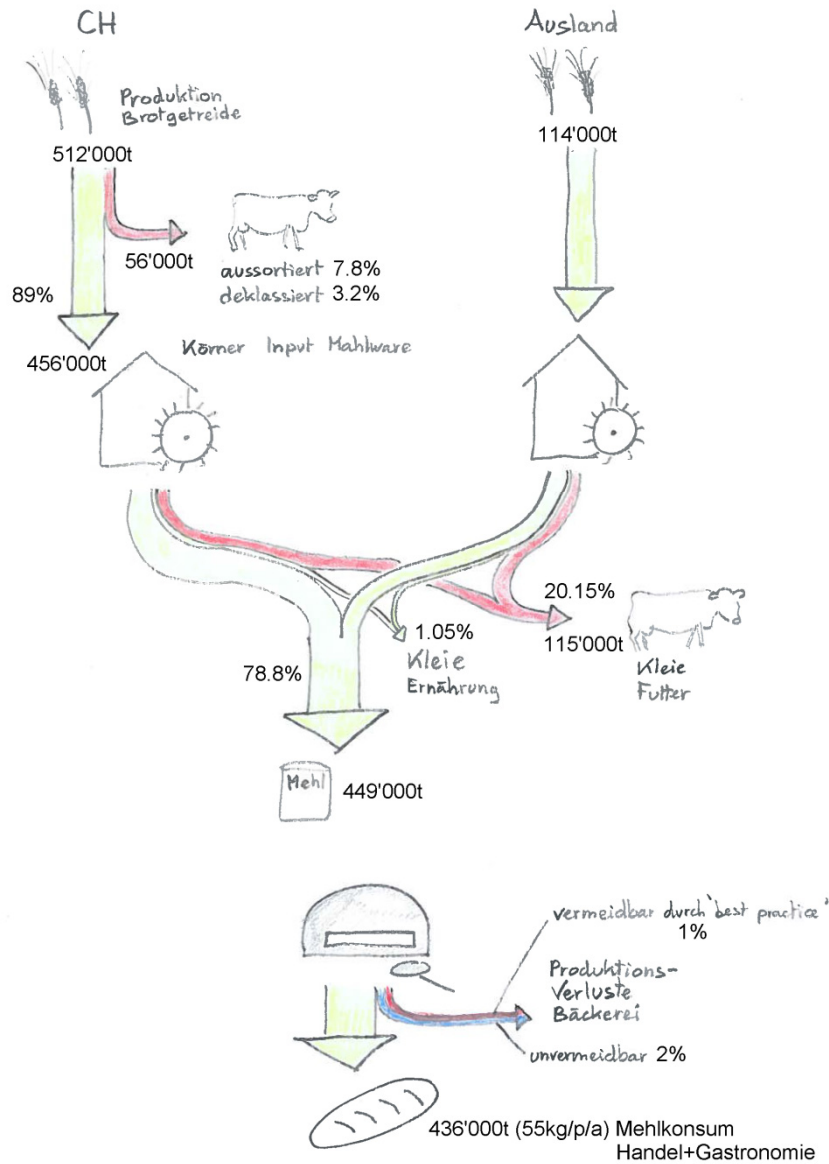


Abbildung 9: Massenbilanz des importierten und in der Schweiz produzierten Brotgetreides. Es wird geschätzt, dass 20% des in der Schweiz konsumierten Brotgetreides importiert wird. Aussortierung und Deklassierung werden nur in der Schweizer Produktion modelliert.

• Vergleich der Umweltwirkungen mit anderen Sektoren

Für viele breit engagierte Akteure wie Bundesämter oder grössere Unternehmen ist es nicht nur wichtig, Massnahmen zur Verminderung von LMV gegeneinander in ihren Nutzen-Aufwand-Verhältnis zu vergleichen und zu priorisieren, sondern auch Massnahmen in anderen Sektoren miteinzubeziehen. Um die Grössenordnung des Umweltnutzens der LMV-Vermeidung einschätzen zu können, werden in den folgenden Darstellungen die Umwelteffekte des Schweizer Gesamtkonsums und der Mobilität mit LMV verglichen.

Tabelle 7: Klimaeffekt und Umweltbelastungspunkte der LMV auf Stufe Haushalt und der gesamten LMV im Vergleich zu den gesamten Emissionen des Schweizer Konsums, den gesamten Inlandemissionen, den Emissionen der Ernährung (inkl. Lebensmittelverluste), den gesamten direkten Emissionen der Mobilität im 2013, den Emissionen des gesamten Autoverkehrs sowie des freizeitbedingten Autoverkehrs.

Impacts from FW compared to other sectors	Household FW 2.0 mio t CO ₂ -eq	Total FW 4.0 mio t CO ₂ -eq
Total emissions of consumption CH 2011: 110'000'000 t CO ₂ -eq	2%	4%
Total domestic emissions CH 2011: 55'000'000 t CO ₂ -eq	4%	7%
Total emissions of food consumption CH 2012: 16'000'000 t CO ₂ -eq	13%	25%
Mobility CH 2013: 16'000'000 t CO ₂ -eq	13%	25%
Mobility by cars CH 2013: 10'560'000 t CO ₂ -eq	19%	37%
Leisure mobility by cars CH: 5'670'720 t CO ₂ -eq	35%	69%
	4.8 mio UBP	9.7 mio UBP
Total impacts of consumption CH 2011: 160 mio UBP	3%	6%

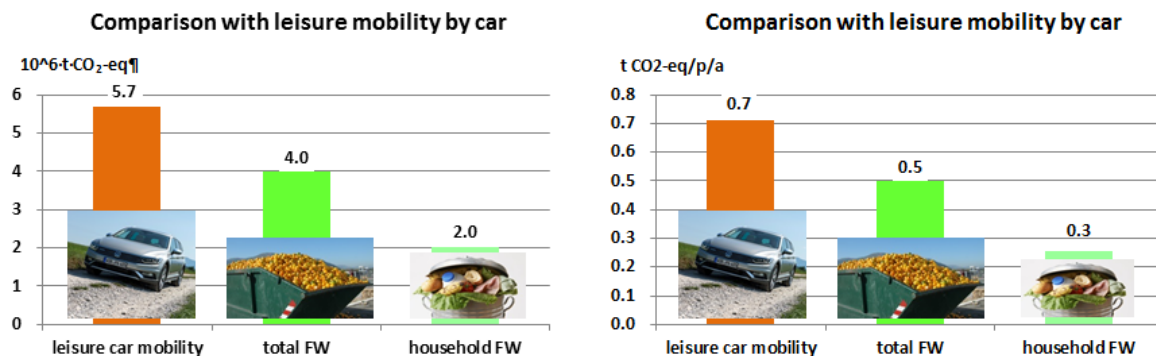


Abbildung 10: Klimaeffekt der gesamten LMV und der LMV auf Stufe Haushalt im Vergleich mit den direkten Emissionen der freizeitbedingten Autofahrten, links in Millionen Tonnen CO₂-eq für die gesamte Schweiz und rechts in t CO₂-eq pro Einwohner (Visualisierung von Tabelle 7).

• Vergleich mit bestehender Literatur

Source	Country and year	Parameter	Unit	Value	This study Value	Comparison	Comments		
Food consumption									
SBV, 2014	Switzerland, 2012	Final energy intake Estimation by nutrition experts	kcal/p/d (low estimation)	2'151	2'290	106%	Final energy intake according to our study does not include alcoholic beverages (about 5% of total energy intake according to SBV, 2014). Thus, the numbers are similar.		
			kcal/p/d (high estimation)	2'390	2'290	96%			
Food waste quantification									
Gustavsson, 2011		Europe, 2007	Agriculture	% of edible food at harvest time	9.7%	6.0%	62%	Large variations between years, product categories, and companies may explain differences. Our estimation lies between the reported values for Europe and Norway.	
Hanssen and Møller, 2013		Norway, 2010	Agriculture	% of edible food at harvest time	4.8%	6.0%	126%		
		Norway, 2009	Wholesale (Trade)	% of revenue (assumed proportional to mass)	0.26%	1.2%	477%		Sorting of products is done at different stages of the food chain (agricultural production, trade, processing). This may explain differences between countries and studies. Compared to other stages of the food chain, both numbers are relatively low .
			Retail	% of sold food (revenue)	3.5%	3.1%	87%		The value of this study relates to mass. The numbers are consistent.
Hamilton et al., 2015	Norway, 2009-11	Retail	% of sold food (dry matter)	3.2%	3.1%	95%	Hamilton et al. do not consider cereals in their study. Cereals sorted out for animal feed are dominant in our study and may explain most of the difference. Additionally, vegetable waste has a lower influence on average total waste when expressed as dry matter , compared to wet weight.		
		Processing	% of sold food at retail level (dry matter)	3.7%	11.3%	308%			
Hanssen and Møller, 2013	Norway, 2009	Households & food service (without drinks)	% of purchases	10.2%	18.2%	178%	Different methodologies (consumer self-reporting via web panel).		
Hanssen et al., 2016	Norway, 2011		kg/p/a	46.3	116	250%	Different methodologies (possibly avoidable food waste is not or only partly considered and food waste fed to animals or disposed of in the sewer is neglected).		
Quested and Johnson, 2009	UK, 2007	Households (without drinks)	% of purchases	21.3%	19.1%	89%	Household food waste in this study is based on Quested and Johnson, because their methodology is judged most reliable; the slight differences are due to different consumer baskets of Swiss and UK households.		
			kg/p/a	97	116	119%			
Schneider et al., 2012	Austria, 2009		kg/p/a (minimum)	28.5	116	406%	Besides cultural aspects, different classification of avoidable FW, large variations of municipal biowaste between different regions in Austria, and uncertainties of the broad estimations from surveys for home composting, pet feeding and disposal in the sewer may explain the large differences.		
			kg/p/a (maximum)	46.4	116	249%			
Kranert et al., 2012	Germany, 2010		kg/p/a (minimum)	46	116	252%	Besides cultural aspects, different methodologies and classifications and the lack of data on pet feeding, home composting, and disposal in the sewer may explain the differences.		
			kg/p/a (maximum)	60	116	193%			
Rosenbauer, 2011	Germany, 2010		% of purchases	12%	19%	154%	Besides cultural aspects, different classification of avoidable FW (deviation including unavoidable FW is lower) and different methodologies (online diaries with consumers' self-reporting) may explain the differences.		
			% of purchases incl. unavoidable FW	21%	24%	113%			
Life cycle assessment									
Jungbluth et al., 2011		Switzerland, 2005	Carbon footprint	t CO ₂ -eq/p/a	2	2.0	96%	The eco-points in this study are calculated with Environmental Scarcity 2013. The results are quite consistent.	
			Environmental Scarcity 2006	mio UBP (eco-points)	5.6	4.8	86%		
Eberle and Fels, 2015	Germany, 2010	Carbon footprint	t CO ₂ -eq/p/a	3	2.0	67%	The German electricity mix has higher climate impact than the Swiss electricity mix and may explain some of the difference.		
		Carbon footprint of agriculture and consumption	% of total food chain impact	94%	92%	98%	Similarly to Eberle and Fels also in this study food production is dominant (1.8 kg CO ₂ -eq/kg), followed by consumer shopping (0.4 kg CO ₂ -eq/kg) and storage and preparation (0.1 kg CO ₂ -eq/kg).		
		Agricultural land use	m ² a/p/a	4'266	3'829	90%			
Life cycle assessment									
FAO, 2013		Europe, 2007	Carbon footprint	kg CO ₂ -eq/p/a	700	537	77%	The carbon footprint in the FAO study is probably mainly higher than in this study because in Europe a considerable amount of food waste is sent to landfill . Additionally, the FAO study also includes impacts of the production of inedible parts of food and does not consider benefits from food waste treatment.	
Hamilton et al., 2015	Norway, 2009-11	Net process energy	% of process energy for total food supply	16%	22%	140%	Hamilton et al. do not include food waste from agriculture and they use lower estimates of waste amounts from processing and final consumers.		
Schott and Cánovas, 2015	Europe, USA...	Carbon footprint	kg CO ₂ -eq/kg of food waste (minimum)	0.8	1.0	119%	The carbon footprint in our study (the minimum relates to food waste from agriculture, the maximum to household food waste) is in the same range as the values reported by literature. For individual products, the variation is larger.		
			kg CO ₂ -eq/kg of food waste (maximum)	4.4	2.2	50%			
Eberle and Fels, 2015	Germany, 2010	Carbon footprint	% of total consumption and losses	21%	25%	119%	Compared to this study, Eberle and Fels base their analyses on lower food loss amounts by Kranert et al. (2012) (see above).		
Abeliotis et al., 2015	Greece, 2009	Carbon footprint of food waste treatment	% of the cumulated supply chain impacts of food waste	75%	-8%	-11%	The main reasons, why food waste treatment has the dominant climate impact in Greece, may be the following: 1) In Greece 98% of food waste is sent to landfill which has high methane emissions (about 20x higher than composting). 2) Abeliotis et al. include the impacts of the treatment of unavoidable food waste from households, which makes up 70% of total household food waste (Abeliotis et al., 2015).		

Abbildung 11: Vergleich wichtiger Resultate und Kenngrößen dieser Dissertation mit bestehender Literatur aus dem In- und Ausland und Kommentierung möglicher Ursachen für Abweichungen. Abweichungen bis +/- 20% sind grün hinterlegt, Abweichungen bis +/-50% gelb, grössere Abweichungen rot. Diese Einfärbung ist in den meisten Fällen nicht wertend zu interpretieren, da viele Abweichungen durch Länderunterschiede, verschieden definierte Systemgrenzen und unterschiedliche Klassifikationen und Erhebungsmethoden begründet werden können. (Hinweis: Die Tabelle ist aus dem Publikationsanhang entnommen und wurde für A3 konzipiert)

4) Argumente für Foodwaste-Sensibilisierung von Haushalten

Bei der Analyse der Ursachen der relevanten Flüsse von Lebensmittelverlusten spielen die Erwartungen und Verhaltensmuster der Konsumierenden in fast allen Fällen eine Schlüsselrolle. Deshalb ist es zentral, die Rolle der Konsumierenden zu verstehen. Nachfolgend werden Argumente zusammengetragen, weshalb die Sensibilisierung von Konsumierenden zu den prioritärsten Massnahmen für Foodwaste-Reduktion gehört.

- **Mengenmässig relevant**

Gemäss aktuellem Wissensstand fallen etwa **40% der gesamten vermeidbaren LMV auf Stufe Haushalt an, weitere 5% in der Gastronomie** (auf Energie bezogen, siehe Abbildung unten). Durch das Einkaufsverhalten verursachen die Haushalte **weitere Verluste in der vorgelagerten Lebensmittelkette** mit (beispielsweise wegen kosmetischen Standards aussortierte Gemüse und Früchte, Brot- und Backwaren-Überproduktion zur Gewährleistung der hohen Frische- und Qualitätsanforderungen etc.). Eine Änderung des Konsumentenverhaltens kann also potenziell mehr als die Hälfte der gesamten Verluste vermeiden.

- **Umweltrelevant**

Die Verluste auf Stufe Haushalt und Gastronomie machen **in der Umweltbetrachtung einen noch grösseren Anteil aus** als in der Mengenbetrachtung. Grund ist die Akkumulation der Umwelteffekte über die Aktivitäten der vorangehenden Stufen der Lebensmittelkette (Transporte, Lagerung, Verarbeitung, Zubereitung etc.) sowie die Zusammensetzung der Lebensmittelkategorien (z.B. ist der Anteil an Fleisch und Fisch bei Gastronomieverlusten überdurchschnittlich hoch). In der folgenden Abbildung ist der Anteil der einzelnen Stufen der Lebensmittelkette quantifiziert (**50% Haushalte, 9% Gastronomie**).

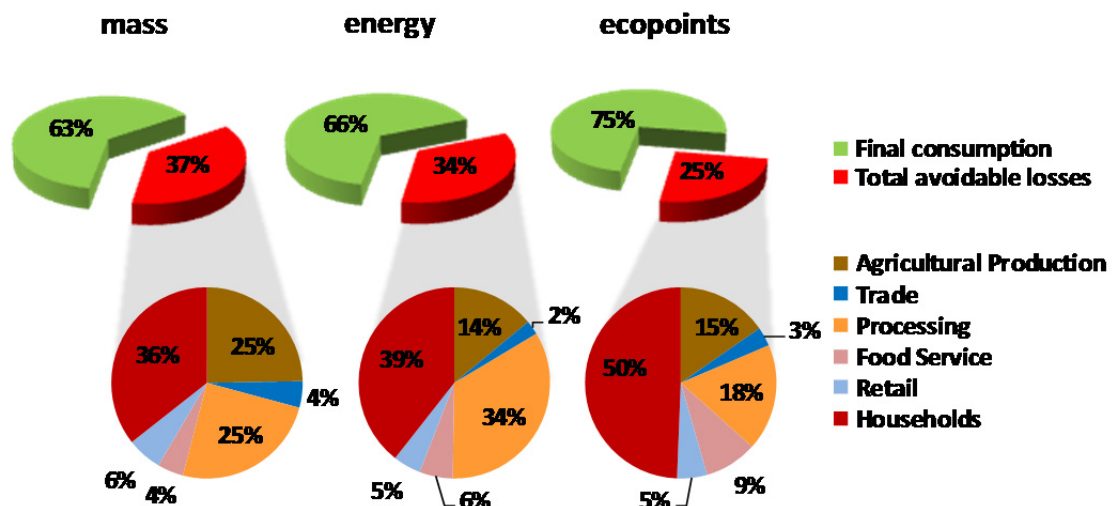


Abbildung 12: Beiträge der Lebensmittelverschwendung der einzelnen Stufen der Lebensmittelkette bezogen auf die Masse, den Energiegehalt sowie die Umwelteffekte (ecopoints = UBPs).

- **Foodwaste-Reduktion in England erfolgreich**

In England wurde eine staatlich unterstützte Kampagne zur Sensibilisierung der Konsumierenden durchgeführt und mit ausgedehnten Erhebungen der Haushaltsverluste kombiniert. Die Resultate zeigen, dass die Verluste zwischen 2007 und 2012 um 19% pro Haushalt reduziert werden konnten. Auf die vermeidbaren Verluste bezogen macht die **Einsparung 24% pro Haushalt** aus. **Eine entsprechende Reduktion in der Schweiz würde rund 480'000t CO₂-eq einsparen** (entspricht einer gut 3%igen Verkehrsreduktion auf allen Schweizer Strassen).

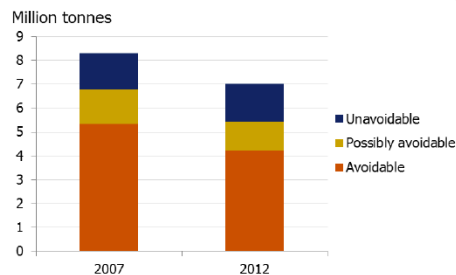


Abbildung 13: In England konnte der Lebensmittelabfall von Haushalten von 2007 auf 2012 um 15% oder 1.3 Mio. Tonnen reduziert werden durch ausgedehnte Sensibilisierungskampagnen. Bei einer 4%igen Zunahme der Haushalte entspricht dies einer 19%igen Einsparung pro Haushalt (Questaed et al., 2013).

Die Menge der eingesparten Verluste ist aufgrund des begrenzten Umfangs der Studie mit Unsicherheiten verbunden. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass neben des Effekts der Kampagne andere Faktoren eine Rolle spielen (beispielsweise die Wirtschaftslage). Dennoch zeigen die Ergebnisse relativ eindeutig, dass die Kampagne eine Wirkung in der gewünschten Richtung aufweist.

- **Kosteneinsparungen**

Mehrere Milliarden Franken werden schweizweit in die Produktion von Lebensmitteln investiert, welche nicht auf dem Teller landen und zusätzliche Folgekosten durch unnötige Umweltbelastungen verursachen. Wenn **jeder Haushalt** die vermeidbaren Verluste gleich wie **in England** um 24% reduzieren würde, könnte er umgerechnet in einem Jahr **rund 200 CHF einsparen** (bei englischen Lebensmittelpreisen, umgerechnet von £130 pro Haushalt; Questaed et al. (2013)).

- **Selbstversorgungsgrad erhöhen und Wertschöpfung erhalten**

Aktuell importieren wir in der Schweiz rund 37% der Lebensmittel aus dem Ausland (auf Energie bezogen; ohne Berücksichtigung importierter, in der Schweiz verfütterter Lebensmittel). Diese **Auslandabhängigkeit** könnten wir durch eine Reduktion der Verluste auf Stufe Haushalt reduzieren. Wenn die Sensibilisierung darauf ausgerichtet wird, dass sich die Konsumierenden mit dem eingesparten Geld eher Schweizer Qualitätsprodukte leisten, so bleibt die **einheimische Wertschöpfung** gleich oder kann sogar gesteigert werden, obwohl die Konsummenge verringert wird.

- **Startbrett für die Bewusstseinsbildung**

Das Thema der Lebensmittelverluste ist ein sehr geeignetes Thema, um auch bei wenig umweltbewussten Leuten **Gedanken über einen massvollen Konsum anzuregen**. Das Thema der Lebensmittelverschwendung ist in der Regel **weniger kontrovers** und mit Vorurteilen belastet als andere konsumbezogene Umweltthemen wie beispielsweise der Fleischkonsum oder die Mobilität. Bei Lebensmittelverlusten sind sich die meisten Menschen einig, dass die Verschwendung unsinnig ist für den Geldbeutel und die Umwelt und dass sie in Anbetracht der Unterernährungsproblematik unethisch ist. Das Thema ist daher ein guter Startpunkt für die Hinterfragung des heutigen Konsumverhaltens und für die Thematisierung von Suffizienzgedanken und kann die öffentliche Diskussion über das Mass und den Sinn von Wirtschaft und Konsum anregen. Zusätzlich kann die ernährungsbezogene Bewusstseinsbildung auch **gesundheitliche Vorteile** bringen, indem ein massvoller Konsum von Lebensmitteln Übergewichts- und Fehlernährungsprobleme entschärft.

Damit Sensibilisierung die erwünschte Wirkung zeigt, muss sie allerdings **in einen grösseren Kontext eingebettet** und **auf individuelle Zielgruppen zugeschnitten** werden.

5) Schlusswort

Die Schweizer Lebensmittelkette weist ein beträchtliches Potenzial zur Einsparung von Umwelteffekten auf, wobei primär die Vermeidung und Verminderung von Lebensmittelverlusten und sekundär die Optimierung der Lebensmittelverwertung anzustreben sind. Die Modellierung in dieser Arbeit liefert einen guten Überblick, um Hotspots zu identifizieren und Massnahmen abzuleiten. Zudem bietet das aktuelle Modell die Möglichkeit, den potenziellen Umweltnutzen gezielter Vermeidungsmassnahmen zu quantifizieren. Dies wurde für einige Vermeidungsmassnahmen durchgeführt (insbesondere für die Getreide- und Milchverarbeitung) und wird im Folgeschritt in konkreten Szenarien auf einem höheren Detaillierungsgrad gemacht.

Aus den gemachten Analysen können folgende allgemeinen Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Das **Management innerhalb von** (grösseren) **Betrieben der Lebensmittelkette** ist aus vorwiegend finanziellen Gründen in einigen Bereichen bereits weit optimiert. Ausnahmen bilden ältere Anlagen und Praktiken, bei denen durch neue Technologien und Prozessoptimierung deutlich Verluste reduziert werden können (z.B. in der Verarbeitung von Gemüse).
- Das **Management der Prozesse zwischen einzelnen Betrieben** bietet in vielen Fällen ein beträchtliches Optimierungspotenzial, um Verluste zu reduzieren. Es ist wichtig, Lösungen innerhalb ganzer Branchen zu erarbeiten, bei denen Betriebe sich gegenseitig koordinieren und nicht nur die eigenen Prozesse optimieren. Richtlinien, Handlungsempfehlungen und Anreizsysteme wirken unterstützend. Dies zeigen insbesondere die positiven Ergebnisse des Stakeholder-Dialoges des Bundes, in dessen Rahmen Leitfäden für die Datierung und Weitergabe von Lebensmitteln an Spendenorganisationen erarbeitet und eine webbasierte Plattform für die Weitergabe von Lebensmitteln von der Industrie an die Tafeln angestossen wurde (Spendendatenbank Foodbridge⁴).
- **Prozesse in Haushalten** bieten in der Regel ein beträchtliches Optimierungspotenzial, weil hier das Bewusstsein für effektive Abläufe und für die Kosten der verschwendeten Lebensmittel oft fehlt. Sensibilisierung für die Bereiche Einkaufsverhalten, Lagerungstechnik, Kochen und Zubereiten sowie Know How zur Verwertung von Resten sind hier zentral (siehe Kapitel 4).
- Die übrigen Verluste werden durch **Präferenzen und hohe Ansprüche der Konsumierenden** verursacht. Abhilfe schaffen Sensibilisierungsmassnahmen zur Steigerung der Wertschätzung von Lebensmitteln, differenzierte und leicht verständliche Verbraucherinformationen sowie Anpassungen des Angebots durch Lebensmittelverarbeiter und Detailhändler (z.B. Vermarktung von 2.Klasse-Waren und verarbeiteten Produkten).

⁴ <http://schweizertafel.ch/de/aktuelles/neues-von-der-schweizer-tafel/food-bridge-lebensmittelspende-goes-digital.html>

6) Abkürzungen, Definitionen und Begriffe

Abkürzungen:

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
FW	Food waste
GWP	Greenhouse Warming Potential (Treibhausgaspotenzial)
GHG	Greenhouse gases (Treibhausgase)
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
LMV	Lebensmittelverluste
PDF	Portable Document Format (Dateiformat)
UBP	Umweltbelastungspunkte (Einheit der Ökobilanz-Bewertungsmethode der „ökologischen Knappheit“/“ecological scarcity 2013“)
VBA	Visual Basic for Applications (Programmiersprache in Excel)
WFLDB	World Food LCA Database
ZHAW	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften

Definitionen

Lebensmittelkette	System, durch welches Lebensmittel vom Produzenten bis zum Endkonsumenten fließen. Das System besteht aus den Stufen <i>Landwirtschaftliche Produktion und Fischerei, Verarbeitung, Handel, Gastronomie und private Haushalte</i> .
Regulärer Verzehr	Gesamtheit der über den Markt gehandelten Lebensmittel, welche durch den Menschen verzehrt werden (ohne Spenden, Schenkungen).
Vermeidbare (Lebensmittel-)Verluste	Lebensmittelverluste, die aufgrund von ineffizienter Verteilung der Lebensmittel und dem Anspruch hoher, spontaner Wahlfreiheit anfallen (vermeidbar durch ein optimales Verteilsystem und teilweise beschränkte Wahlfreiheit der Konsumenten) sowie Verluste, welche durch die Aussortierung von lebensmitteltauglichen Waren entstehen (vermeidbar durch weniger hohe Ansprüche an Qualität sowie Anwendung geeigneter Zubereitungsmethoden).
Unvermeidbare (Lebensmittel-)Verluste	Verluste, die mit der aktuellen Technologie beim entsprechenden Produkt nicht mit angemessenem Aufwand vermeidbar sind.

Begriffe

eSankey!	Software zur Visualisierungen von Stoff- und Energieflussanalysen (http://www.e-sankey.com/de/)
SimaPro	Ökobilanz-Software (http://www.pre-sustainability.com/simapro)
Agribalyse	Ökobilanz-Datenbank mit vorwiegend französischen Agrarprodukten (http://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/passer-a-l'action/dossier/evaluation-environnementale-agriculture/loutil-agribalyse)
Agri-Footprint	Ökobilanz-Datenbank mit vorwiegend holländischen Agrarprodukten (http://www.agri-footprint.com/)
Ecoinvent	Ökobilanz-Datenbank, initiiert durch diverse Forschungsinstitutionen (ETH Zürich, EPFL, Agroscope, PSI, EMPA...) (www.ecoinvent.org)
World Food LCA Database (WFLDB)	Ökobilanz-Datenbank mit vorwiegend schweizerischen Agrarprodukten (http://www.quantis-intl.com/microsites/wflldb/)

7) Literaturverzeichnis

- BAFU. Erhebung der Kehrrichtzusammensetzung 2012. *Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern*. **2014**.
- Baier, U. and Deller, A. FOOD WASTE – Fachliche Grundlagen. *Bericht zur Po. Chevalley 12.3907, BAFU, Bern*. **2014**.
- Bareille, N., Gésan-Guiziou, G., Foucras, G., Coudurier, B., Randriamampita, B., Peyraud, J.L., et al. Redlingshöfer, B. Les pertes alimentaires en filière laitière. *Innovations Agronomiques 48 (2015), 143-160*. **2015**.
- Beretta, C. Umwelteffekte und Vermeidungsstrategien von Lebensmittelverlusten in der Schweiz: Zwischenstandsbericht zum Dissertationsprojekt von C. Beretta vom November 2015. *Institut für Umweltingenieurwissenschaften, John-von-Neumann-Weg 9, 8093 Zürich*. **2015**.
- Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U. and Hellweg, S. Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Management, Volume 33, Issue 3, March 2013*. **2013**.
- Chaudhary, A., Pfister, S. and Hellweg, S. Spatially Explicit Analysis of Biodiversity Loss due to Global Agriculture, Pasture and Forest Land Use from a Producer and Consumer Perspective. *Environ. Sci. Technol.* **2016**.
- Eymann, L., Kreuzer, S., Stucki, M. and Scharfy, D. Ökobilanz von Milch und Milchprodukten. *ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Wädenswil. ZHAW Agri-food Database, www.zhaw.ch/IUNR/agri-food. LCIA auch verfügbar bei der Eaternity Database (EDB - edb.eaternity.org)*. **2015**.
- Frischknecht, Rolf, Jungbluth, Niels, Althaus, Hans-Jörg, Doka, Gabor, Dones, Roberto, Heck, Thomas, et al. Wernet, Gregor. Overview and Methodology, ecoinvent report No. 1. *Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007*. **2007**.
- Hrad, M. and Obersteiner, G. Assessment of food waste generation in Austrian food service institutions. *Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien*. **2015**.
- Kohler, Isabelle. Futtermittel aus Lebensmittelabfällen für Heim- und Nutztiere Aktuelle Verwertung und Potenzial. *Bachelor thesis, ETH Zurich*. **2015**.
- Kopf-Bolanz, K., Bisig, W., Jungbluth, N. and Denkel, C. Quantitatives Potential zur Verwertung von Molke in Lebensmitteln in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz 6, 270-277*. **2015**.
- Kreuzer, S., Eymann, L. and Stucki, M. Ökobilanzen von Kalb- und Rindfleisch. *ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Wädenswil. ZHAW Agri-food Database, www.zhaw.ch/IUNR/agri-food. LCIA auch verfügbar bei der Eaternity Database (EDB - edb.eaternity.org)*. **2014**.
- Mosberger, L., Gröbly, D., Buchli, J., Müller, C. and Baier, U. Schlussbericht Organische Verluste aus der Lebensmittelindustrie in der Schweiz - Massenflussanalyse nach Branchen und Beurteilung von Vermeidung / Verwertung. *ZHAW (nicht publiziert)*. **2016**.
- Palipane, K. B. and Rolle, R. Good practice for assuring the post-harvest quality of exotic tree fruit crops produced in Jamaica. *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2008*. **2008**.
- Quested, T., Ingle, R. and Parry, A. Household Food and Drink Waste in the United Kingdom 2012. *Report prepared by WRAP (Waste and Resources Action Programme). Banbury*. **2013**.
- Reuge, S.O. Getreide-, Mehl- und Brotabfälle entlang der (Brot-) Wertschöpfungskette und deren Auswirkungen auf die Umwelt. *Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen. Bachelor thesis*. **2013**.
- SBV. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 2012. *Schweizerischer Bauernverband, Lauerstr. 10, CH 5200 Brugg*. **2013**.
- SBV. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 2013. *Schweizerischer Bauernverband, Lauerstr. 10, CH 5200 Brugg*. **2014**.
- SBV. Personal communication and data transfer with Lena Obrist and Daniel Erdin on 25.08.2016. *Schweizerischer Bauernverband, Lauerstr. 10, CH 5200 Brugg*. **2016**.
- Schleiss, K. Expert interview and mail contact with Konrad Schleiss in october 2015. *UMWEKO GmbH, Dr. Ing Agr ETH Konrad Schleiss, Weinbergstr. 46, 2540 Grenchen*. **2015**.

- SGE. Schweizer Lebensmittelpyramide, Empfehlungen zum ausgewogenen und genussvollen Essen und Trinken für Erwachsene. *SGE, Postfach 8333, CH-3001 Bern.* **2014.**
- Spycher, W. and Chaubert, C. Lebensmittel-Abfall zur Fütterung oder Biogasproduktion. *Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Fachbereich Pflanzliche Produkte, Mattenhofstrasse 5, CH-3003 Bern.* **2011.**
- Swissfruit. Jahresbericht 2014. *Schweizerischer Obstverband, Geschäftsstelle, Baarerstrasse 88, 6300 Zug.* Available online
<www.swissfruit.ch/sites/default/files/jahresbericht_schweizer_obstverband_2014_0.pdf>
(retrieved 9.2016) **2015.**
- Swissmill. Interview and data transfer with Bruno Hartmann (29.8.2016). *Swissmill, Sihlquai 306, CH-8037 Zürich.* **2016.**
- United_Against_Waste. Hotellerie: Auswertung der Lebensmittelabfall-Erhebung. *United Against Waste, c/o Foodways Consulting GmbH, Bollwerk 35, CH – 3011 Bern.* **2015.**
- Vadenbo, C., Hellweg, S. and Astrup, T.F. Let's be clear(er) about substitution – a general framework to account for product displacement in LCA. *Journal of Industrial Ecology.* **2016.**
- WFLDB. World Food LCA Database: List of Datasets, Statistics and DQR. *Version 3.0, July 2015. World Food LCA Database (WFLDB). Quantis and Agroscope, Lausanne and Zurich, Switzerland.* **2015.**
- Willersinn, C. Quantity and quality of food losses along the Swiss potato supply chain Stepwise investigation and. *Waste Management (2015),* <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.033>. **2015.**