

Umweltfussabdruck von Rübenzucker

Vergleich von Rübenzucker aus der Schweiz und der EU 16. Oktober, 2017



Projektteam

Dr. Andy Spörri Roberto Bianchetti

EBP Schweiz AG Zollikerstrasse 65 8702 Zollikon Schweiz Telefon +41 44 395 11 11 info@ebp.ch www.ebp.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Einf	führung	5	
	1.1	Ausgangslage	5	
	1.2	Zielsetzungen	5	
2.	Met	hodik	6	
	2.1	Die Methode der Ökobilanz (LCA)	6	
	2.2	Ziel und Untersuchungsrahmen	8	
	2.3	Sachbilanz	9	
		2.3.1 Schweiz	12	
		2.3.2 Europäische Union	15	
	2.4	Wirkungsabschätzung	17	
		2.4.1 Unsicherheitsanalyse	18	
3.	Res	sultate & Interpretation	19	
	3.1	Umweltfussabdruck der Rübenzucker	19	
	3.2	Beitrag der Hauptprozesse im Detail	21	
		3.2.1 Rübenanbau	21	
		3.2.2 Zuckerfabrik	23	
	3.3	Unsicherheitsanalyse	24	
4.	Sch	llussfolgerungen	25	
5.	Lite	ratur	27	
An	han	g		
A1	Leb	enszyklusinventare	29	
A2	Wirk	Wirkungsabschätzung		

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

Die ökologische Nachhaltigkeit bzw. der Umweltfussabdruck von Lebensmitteln – unter anderem Zucker – ist sowohl für weiterverarbeitende industrielle Abnehmer im Rahmen der ökologischen Optimierung ihrer Versorgungsketten wie auch für Endkonsumenten ein immer wichtig werdendes Kriterium beim Entscheid zwischen verschiedenen Produktalternativen.

Der konventionell hergestellte Schweizer Rübenzucker steht in Konkurrenz zum Rübenzucker aus Europa. Mit der einseitigen Änderung der europäischen Rahmenbedingungen, welche mit einer Erhöhung der Anbauflächen von Zuckerrüben bei Beibehaltung des hohen Grenzschutzes und entsprechend höherem Exportdruck in die Schweiz einhergehen, steigt der ohnehin schon hohe Wettbewerbsdruck auf die Schweizer Zuckerwirtschaft weiter an.

Unter anderem im Hintergrund dieser Entwicklungen war und ist die Schweizer Zucker AG bestrebt, die Effizienz und Umweltverträglichkeit ihrer Produktionsprozesse vom Feld bis zum Endprodukt Zucker laufend zu optimieren, um die Nachhaltigkeit der Produktion zu stärken und für die Kunden einen klaren Mehrwert mit Schweizer Zucker zu schaffen.

Mit dem vorliegenden Gutachten soll eine objektive und belastbare Aussage zur ökologischen Nachhaltigkeit von Schweizer Zucker gegenüber dem Europäischen Konkurrenzzucker gemacht werden.

1.2 Zielsetzungen

Im Hintergrund der vorgängig skizzierten Ausgangslage verfolgt das vorliegende Projekt die folgende übergeordnete Zielsetzung:

Durchführung einer belastbaren Ökobilanz zum Vergleich der Umweltauswirkungen von Schweizer Rübenzucker und aus der EU in die Schweiz importiertem Rübenzucker.

Entsprechend werden die folgenden spezifischen Ziele in dieser Studie angegangen:

- Erarbeitung von aktuellen und belastbaren Dateninventaren für die Rübenzuckerproduktion in der Schweiz und der EU.
- Berechnung der Umweltauswirkungen für die beiden Rübenzucker unter Berücksichtigung von Sensitivitäten gegenüber methodischen Annahmen und Datenunsicherheiten.
- Herleitung der Kernaussagen zum ökologischen Vergleich der beiden Rübenzucker.

2. Methodik

2.1 Die Methode der Ökobilanz (LCA)

Die Ökobilanzierung (bzw: Life Cycle Assessment, LCA) ist eine Methode zur quantitativen Abschätzung von Umweltbeeinträchtigungen, die mit einem beliebigen Produkt bzw. Dienstleistung verbunden sind. Die Methode basiert auf einem Lebenszyklus-Ansatz, was die Berücksichtigung und Bewertung von Umweltauswirkungen von der "Wiege" bis zur "Bahre" ("cradle-to-grave") ermöglicht. Die Vorgehensweise in einer Ökobilanz ist in Normen der Internationalen Organisation für Normierung standardisiert (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006) und gliedert sich prinzipiell in vier Phasen: 1) Definition von Ziel- und Untersuchungsrahmen, 2) Sachbilanz, 3) Wirkungsabschätzung, 4) Interpretation.

Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen: Die Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen ist der einsteigende Schritt in eine Ökobilanz und umfasst neben der klaren Beschreibung der Zielsetzungen und der Verwendung bzw. Zielgruppe der Studie die Festlegung der folgenden Elemente:

- Funktionelle Einheit: Bezugs- bzw. Referenzgrösse, auf welche sich die Bewertung der Umweltbelastungen bezieht bzw. zu welcher die umweltrelevanten Inputs und Outputs des untersuchten Produktsystems in Bezug gesetzt werden.
- Systemgrenzen: Präzise Beschreibung des zu bewertenden Produktsystems sowie des zeitlichen, geographischen und technologischen Geltungsbereichs.
- Wesentliche Annahmen: Angaben zu den eingesetzten Allokationsmethoden zum Umgang mit Nebenprodukten sowie der berücksichtigten Umweltwirkungen bzw. Wirkungskategorien und entsprechenden Bewertungsmethoden.

Sachbilanz: Die Sachbilanz ist laut ISO der "Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Inputs und Outputs eines gegebenen Produktes im Verlauf seines Lebensweges umfasst". Dies beinhaltet sowohl die Inputs und Outputs aus der "Technosphäre" (Produkte, Hilfsstoffe, Materialien, Elektrizität, Wärme) wie auch aus der "Biosphäre" (Ressourcen und Emissionen). Alle diese Daten werden zur eingangs definierten funktionellen Einheit in Bezug gesetzt.

Wirkungsabschätzung: In der Wirkungsabschätzung findet der eigentliche Bewertungsschritt innerhalb einer Ökobilanz statt. Dazu werden die kumulierten Ressourcenverbräuche und Emissionen aus der Sachbilanz bezüglich ihrer Umweltwirkungen geordnet (Klassifizierung) und anschliessend innerhalb der Wirkungskategorien untereinander vergleichbar gemacht (Charakterisierung). Hierdurch werden die Informationen auf wenige Indikatoren verdichtet. Optional kann zusätzlich eine Normalisierung und Gewichtung zwischen den Wirkungskategorien vorgenommen werden, um ein eindimensionales Ergebnis zu erhalten. Dies ist insbesondere hilfreich, wenn es da-

rum geht, verschiedene Produktalternativen hinsichtlich ihres Umweltfussabdrucks gesamtheitlich zu vergleichen. Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Wirkungsabschätzung, die sich im Umfang der bewerteten Inventarflüsse und Umweltwirkungen sowie in ihren Wirkungsmodellen und Gewichtungsansätzen (falls eine Gewichtung vorgenommen wird) unterscheiden.

Interpretation: Interpretation werden die Erkenntnisse aus der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung kombiniert, um die wesentlichen Schlussfolgerungen und Empfehlungen abzuleiten. Die Interpretation besteht grundsätzlich aus drei Teilen:

- Identifikation von signifikanten Faktoren. Solche 'hot spots' können z.B.
 Prozessstufen, Emissionen/Ressourcenverbräuche oder Wirkungen sein, die sich als besonders relevant herausgestellt haben.
- Evaluation bezüglich Vollständigkeit, Sensitivitäten bzw. Datenunsicherheiten und Konsistenz.
- Ableiten von Kernaussagen und Empfehlungen hinsichtlich der eingangs formulierten Zielsetzungen der Studie.

2.2 Ziel und Untersuchungsrahmen

Die Zielsetzungen der Studie wurden bereits im einführenden ersten Kapitel dargelegt. Deshalb wird im Folgenden die Abgrenzung des Untersuchungsrahmens aufgezeigt, welcher der Ökobilanz zu Grunde liegt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Abgrenzung des Untersuchungsrahmens.

WAS	BESCHREIBUNG		
Funktionelle Einheit	1 Tonne konventioneller, weisser Rübenzucker (lose, unverpackt) aus der Schweiz bzw. aus der EU in die Schweiz importiert.		
Produktsystem (Systemgrenze)	Die Studie verfolgt einen «Cradle-to-gate»-Ansatz, das heisst es werden die Umweltauswirkungen entlang der Produktionskette bis zur Distribution zum Kunden betrachtet. Die beinhaltet insgesamt vier Vordergrundprozesse:		
	 Landwirtschaftlicher Anbau der Zuckerrüben 		
	Rübenanlieferung vom Hof zur Zuckerfabrik (Transport)		
	 Herstellung von Rübenzucker in der Fabrik 		
	 Zuckerdistribution von der Fabrik bis zum Kunden 		
Räumliche Abgrenzung	Schweiz: Gesamtschweizerischer Anbau von Zuckerrüben und Produktionsmengen-gewichteter Mittelwert der beiden Zuckerfabriken in Aarberg und Frauenfeld.		
	Europäische Union: Produktionsmengen-gewichteter Länder- durchschnitt des Anbaus von Zuckerrüben und der Zuckerfabriken in der EU-27.		
Zeitliche Abgrenzung	Schweiz:		
	 Rübenanbau und –Transporte: Mittelwert 2011-2015 für Anbau, um saisonal schwankende Anbaubedingungen auszugleichen; Anlieferungstransporte aus 2015 		
	 Zuckerfabrik und Distribution: 2015 		
	Europäische Union:		
	 Rübenanbau und –Transporte: Mittelwert 2008-2012 für Anbau, um saisonal schwankende Anbaubedingungen auszugleichen; Anlieferungstransporte aus 2012 		
	 Zuckerfabrik und Distribution: 2012 		
Allokationsmethoden	4 Methoden zur Aufteilung der Umweltauswirkungen auf Zucker (Hauptprodukt) und die Nebenprodukte (z.B. Rübenschnitzel):		
	 Saccharose-Gehalt: Anteil des jeweiligen Produkts am Total (Menge mal Saccharose-Gehalt) 		
	 Energieinhalt (unterer Heizwert): Anteil des jeweiligen Produkts am Total (Menge mal Energieinhalt) 		
	 Vermeidung durch Substitution: Gutschrift für vermiedene Um- weltbelastung aus der Herstellung eines Alternativprodukts 		
	 Ökonomische Allokation über den Umsatzanteil des jeweiligen Produkts am Gesamtumsatz (Menge mal Absatzpreis) 		
Methoden zur Wirkungsabschätzung	Wahl von zwei breit anerkannten, «state-of-the-art» Methoden zur Bewertung der Gesamtumweltbelastungen:		
	 Methode der Ökologischen Knappheit 2013 		
	 ILCD-Methode V1.08 (International Reference Life Cycle Data System) 		

Auf den Sachverhalt der unterschiedlichen Zeitperioden, die der Modellierung der beiden Produktionssysteme (Schweiz, EU) zu Grunde liegen, wird im folgenden Kapitel zur Beschreibung der Dateninventare eingegangen.

2.3 Sachbilanz

In der Sachbilanz ging es darum, aktuelle Durchschnittsdaten für die Produktion von Rübenzucker in der Schweiz und in der EU zu entwickeln. Dies beinhaltete die Sammlung von Daten zu Inputs und Outputs der vier Vordergrund- bzw. Hauptprozesse: 1. Landwirtschaftlicher Anbau von Zuckerrüben, 2. Rübenanlieferung vom Hof zur Zuckerfabrik, 3. Zuckerfabrik, 4. Zuckerdistribution. Daten zur Produktion der erforderlichen Vorleistungen basieren auf der breit anerkannten und hochwertigen Ecoinvent-Datenbank v.3.3 (ecoinvent, 2016). Dies beinhaltet beispielsweise Daten zur Produktion von Mineraldüngern, Pflanzenschutzmitteln, Maschinen, Wärme und Strom, Kalkstein.

Während die Daten zu den Vordergrundprozessen für die Zuckerherstellung in der EU aus einer bereits durchgeführten Studie¹ übernommen werden konnten, wurden für die verschiedenen Produktionsprozesse in der Schweiz neue Daten erhoben. Bei landwirtschaftlichen Anbausystemen (wie z.B. Anbau von Zuckerrüben) ist die Frage der Systemgrenze aufgrund von Abhängigkeiten zwischen Pflanzenbau und Tierproduktion sowie aufgrund der Tatsache, dass der Anbau in Fruchtfolgen mit zwischengeschalteten Gründüngungen erfolgt vergleichsweise komplex. Abbildung 1 illustriert, welche Prozesse in der Umweltbewertung dem Anbau der Zuckerrübe angerechnet werden. Einerseits beinhaltet die Systemgrenze alle Prozesse und Flüsse, welche direkt mit dem Rübenanbau in Verbindung stehen, von der Aussaat über die Feldbewirtschaftung bis zur Ernte der Zuckerrüben. Andererseits werden auch die folgenden Aktivitäten und Prozesse bzw. Emissionen berücksichtigt:

- Die Prozesse und entsprechenden Umweltbelastungen der Tierproduktion, bei welchen die Hofdünger (Gülle, Mist) anfallen, werden in der Bewertung nicht berücksichtigt; Emissionen aus der Lagerung der im Rübenanbau applizierten Hofdünger hingegen schon.
- Die im Rahmen der Fruchtfolge der Zuckerrübe vorgelagerte Zwischenkultur zur saisonalen Stickstofffixierung (Gründüngung), weil die dabei fixierten und in den Boden eingetragenen Nährstoffe der Zuckerrübe zur Verfügung stehen und entsprechend nicht über alternative Dünger (Mineraldünger, organische Handelsdünger, Hofdünger) zugeführt werden müssen.
- Direkte und indirekte Feldemissionen von N\u00e4hrstoffen und Schwermetallen, welche aufgrund der eingetragenen D\u00fcnger und Pestizide in die Umweltkompartimente (Grundwasser, Oberfl\u00e4chengew\u00e4sser, Atmosph\u00e4re, Boden) emittiert werden.

¹ Spoerri, A. & Kägi, T. (2014). LCA of EU Beet Sugar. Part I: Conducting a LCA of sugar production in the EU.

— Nährstoffe von auf dem Feld belassenen Ernterückständen (Rüben-Blattwerk) werden durch eine Reduktion der in den Düngungsnormen empfohlenen Nährstoffmengen gutgeschrieben.

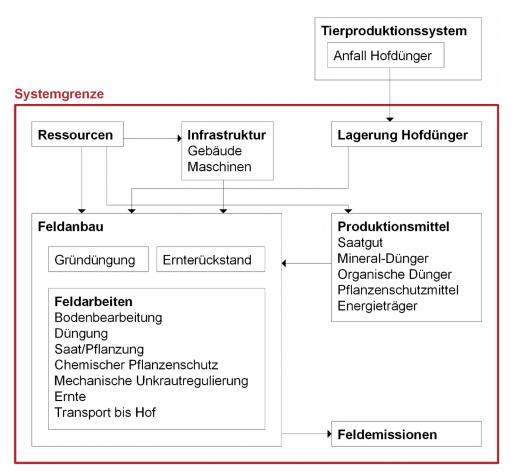


Abbildung 1: Systemabgrenzung im landwirtschaftlichen Anbau von Zuckerrüben in der Schweiz und in der EU.

Die Feldemissionen in die Umweltkompartimente wurden sowohl für die Schweiz wie auch die EU nach den gängigen Ökobilanz-Methoden berechnet. Diese Emissionen hängen ab von Mengen und Typen der eingesetzten Dünger und Pflanzenschutzmittel, aber auch von Bodentypen und meteorologischen Bedingungen (z.B. Niederschlags-Regime). Die folgenden Emissionen in die Umwelt wurden berücksichtigt und auf Basis entsprechender Grundlagen quantifiziert:

- Ammoniak-Emissionen in die Atmosphäre bestimmt über Menge und Typen der eingesetzten Dünger (Nemecek & Kägi, 2007; Hersener et al., 2002; Biomasse-Forum, 2008)
- Nitrat-Emissionen ins Grundwasser (Faist Emmenegger et al., 2009)²
- CO2-Emissionen aus dem Einsatz von Harnstoff (Nemecek & Kägi, 2007)

² Stickstoff in auf dem Feld belassenen Ernterückständen (z.B. Blattwerk) wurden für die Abschätzung der Nitratemissionen ins Grundwasser berücksichtigt.

- Phosphor-Auswaschung in Grund- und Oberflächengewässer (Nemecek & Kägi, 2007)
- Lachgas-Emissionen in die Atmosphäre (Nemecek & Kägi, 2007)

Unterschiedliche Zeitperioden Schweiz und EU

Die Tatsache, dass den beiden Ökobilanzen unterschiedliche Zeitperioden zu Grunde liegen, beeinflusst die Ergebnisse.

Der Haupteinfluss auf die Aussage erfolgt über die landwirtschaftlichen Rübenerträge (t Rüben pro Hektar Anbaufläche), welche starken saisonalen Schwankungen unterworfen sind und gleichzeitig die Ergebnisse der Studie – neben der Zuckerausbeute in der Fabrik, welche unabhängig vom gewählten Zeitraum ist – am stärksten beeinflussen.

Ein Vergleich der unterschiedlichen Zeitperioden zeigt, dass die Erträge in der Schweiz in den Jahren 2008-2012 (Zeitperiode der EU-Studie) noch um ca. 2 Tonnen höher lagen als in der berücksichtigten Periode der vorliegenden Studie.

In den folgenden beiden Unterkapiteln wird näher auf die Datensammlung und -Modellierung für die beiden Produktionssysteme in der Schweiz und der EU eingegangen. Die kompletten Lebenszyklusinventare zu den Hauptprozessen in der Schweiz und der EU mit allen In- und Output-Daten sind im Anhang aufgeführt (vgl. A1).

2.3.1 Schweiz

Zuckerrübenanbau und -Anlieferung

Für die Modellierung des konventionellen Anbaus von Zuckerrüben in der Schweizer Landwirtschaft wurde das bestehende Dateninventar zum Schweizerischen Anbau von Zuckerrüben aus Ecoinvent an die heute vorherrschenden Bedingungen angepasst. Die wesentlichen Anpassungen und die den Anpassungen zu Grunde liegenden Literatur- bzw. Datengrundlagen sind in Tabelle 2 dargestellt und beschrieben.

Tabelle 2: Erhobene Daten zu den unterschiedlichen Aktivitäten im Anbau von Zuckerrüben in der Schweiz.

WAS	BESCHREIBUNG
Feldertrag bzw. Ernte- menge	Der Feldertrag bzw. Erntemenge (in t Zuckerrüben je Hektar Anbau- fläche) wurde anhand der aktuellen Zuckerrübenstatistik (SZU, 2015) angepasst.
	Dazu wurde aus den Daten zu spezifischen Felderträgen und totalen Anbauflächen für die in den beiden Zuckerfabriken (Aarberg, Frauenfeld) verarbeiteten Rüben ein mengen-gewichteter Mittelwert für die Jahre 2011-2015 berechnet und in der Studie verwendet.
	Der Feldertrag ist die sensitivste Grösse im Anbau der Zuckerrüben, da dieser festlegt, welche Fläche für die Produktion der für eine Tonne Zucker erforderlichen Zuckerrüben benötigt wird.
Düngung	Die Daten zu Mengen und Typen der verabreichten Mineraldünger wurden aufgrund der aktuellen Düngungsnormen an die aktuelle Situation im Schweizer Rübenanbau angepasst. Applizierte Hofdünger-Mengen (d.h. Gülle, Mist) wurden aus Ecoinvent übernommen.
Feldarbeiten	Die verwendeten Daten zur Anzahl der verschiedenen Feldarbeiten (z.B. Aussaat, Pflügen, Eggen, Ausbringung Dünger und Pestizide) entsprechen der gängigen Feldbewirtschaftungspraxis, wie sie im Schweizer Rübenanbau im Mittel durchgeführt werden.
Pflanzenschutz	Daten zu Typen und Mengen der eingesetzten Pestizide (Herbizide, Fungizide, Insektizide) wurden für die vorliegende Studie aus Ecoinvent übernommen.

Die Grundlagen und Vorgehensweise zur Berechnung der Feldemissionen wurde bereits vorgängig thematisiert.

Die Transportdaten zur Anlieferung der Zuckerrüben vom Hof in die Zuckerfabrik wurden ebenfalls für das Jahr 2015 erhoben. Während die prozentualen Anteile von Bahn- und Strassentransporten wiederum aus der Zuckerrübenstatistik der Schweizer Zucker AG (SZU, 2015) entnommen wurden, wurden die aktuellen Angaben zur Aufteilung des Strassentransports auf LKW- und Traktortransporte sowie die zurückgelegten Distanzen der jeweiligen Transportmittel von der Schweizer Zucker AG rapportiert.

Zuckerfabrik und -Distribution

Für die Modellierung der Zuckerfabrik wurden für die beiden Werke in Aarberg bzw. Frauenfeld Input- und Outputdaten aus der Kampagne 2015 erhoben. Dies erfolgte über ein Datenerhebungsformular, welches in ausgefüllter Form von den beiden Werkverantwortlichen retourniert wurde. Eine Beschreibung der Daten, welche jeweils für beide Fabriken separat gesammelt wurden, ist in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Erhobene Daten für die Modellierung der Lebenszyklusinventare für die beiden Zuckerfabriken.

WAS	BESCHREIBUNG
Zuckerausbeute	Die Zuckerausbeute beschreibt die Menge Zuckerrüben, welche für die Produktion von einer spezifischen Menge Zucker erforderlich ist (in t Rübenzucker je t Zucker). Die Ausbeute ist hinsichtlich der Bilanz sehr entscheidend, da sie bestimmt, wieviel Hektar Rübenanbau in die Umweltbilanz von einer Tonne Zucker einfliesst.
Energie (Input)	Daten zu den eingesetzten Energieträgern (z.B. Erdgas oder Stein- kohlekoks für die Wärmebereitstellung, Strombedarf und ins Netz abgegebener Stromüberschuss) und entsprechenden Mengen für die Produktion von einer Tonne Zucker.
Rohstoffe (Input)	Daten zu Art und Menge von eingesetzten Roh- und Hilfsstoffen für die Produktion von einer Tonne Zucker. Dies umfasst beispielsweise die Menge Kalkstein, welcher für die Reinigung des extrahierten Rohsaftes benötigt wird, diverse organische und anorganische Chemikalien für die verschiedenen Schritte oder den Wasserbedarf.
Abwasser	Angaben zur Menge von Abwasser und ob die Abwasserreinigung bei der Zuckerfabrik stattfindet oder in die öffentliche Abwasserreinigung eingeleitet wird. Falls die Abwasserreinigung bei der Zuckerfabrik gemacht wird, wurden zusätzlich Informationen zur Art der Reinigung und den im Abwasser enthaltenen Stofffrachten ermittelt.
Nebenprodukte und Abfälle (Output)	Für die Allokation, d.h. Aufteilung der Umweltbelastung auf das Hauptprodukt Zucker und die diversen Nebenprodukte, wurden die folgenden Daten erhoben:
	Typ und Menge von allen Nebenprodukten der Zuckerfabriken
	Eigenschaften der Nebenprodukte, welche für die Berechnung der Allokationsfaktoren erforderlich sind: Marktwert (CHF/t), unterer Heizwert (MJ/t), Saccharose-Gehalt (% Saccharose bezogen auf Trockenmasse), Primärprodukt, welche durch die Verwertung des Nebenprodukts ersetzt bzw. substituiert wird (erforderlich für den Ansatz «Vermeidung durch Substitution).

Auf Grundlage der erhobenen Daten für die beiden Werke wurde über die entsprechenden Anteile an der totalen Zuckerproduktion ein Mengen-gewichteter Mittelwert für die durchschnittliche Schweizer Zuckerfabrik berechnet.

In der Schweizer Zuckerfabrik fallen diverse Nebenprodukte in verschiedenen Teilprozessen (z.B. Press- und Trockenschnitzel aus der Saftextraktion, Kalk aus der Saftreinigung) an. Eine Übersicht über alle Nebenprodukte und die angesprochenen Mengen und Eigenschaften bzw. die Verwertungswege und die dadurch substituierten Primärprodukte sind in Tabelle 4 bzw. Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 4: Produkte und Nebenprodukte mit entsprechenden Mengen und für die verschiedenen Allokationsansätze (Saccharose-Gehalt, Energieinhalt, ökonomisch) relevanten Eigenschaften.

PRODUKTE & NEBENPRODUKTE (je Tonne Zucker)	MENGE (kg bzw. kWh/t Zu- cker)	UNTERER HEIZWERT (MJ/kg)	SACCHA- ROSE (% bez. auf TS)	MARKT- ERLÖS (CHF/t)
Zucker	1000	16.93	99.98%	704
Erde	19.2	0	0	0
Steine/Sand	46.7	0	0	0
Carbokalk	209.6	0	0	21.5
Pressschnitzel (melassiert)	1218.7	1.8	3.1	159
Trockenschnitzel (melassiert)	84.9	14.5	8.9	230
Dicksaft	13.1	10.4	62.9	600
Melasse (Futtermittel)	187.6	10.4	46.5	313
Melasse (Hefeherstellung)	9.6	10.4	46.5	313
Stromüberschuss	10.2	0	0	0
Wärmeüberschuss	4.7	0	0	0
Biogas	16	0	0	0

Tabelle 5: Produkte und Nebenprodukte mit Angaben zur Verwertung und dadurch substituierten Primärprodukten (für Vermeidung der Allokation durch Substitution).

NEBENPRODUKTE	VERWERTUNG	SUBSTITUIERTES PRIMÄRPRODUKT
Erde	Produktion Blumenerde	-
Steine/Sand	Rohmaterial Bauindustrie	Sand, Kies aus Abbau
Carbokalk	Dünger	Kalkdünger
Pressschnitzel (melassiert)	Futtermittel Viehwirtschaft	Maissilage
Trockenschnitzel (melassiert)	Futtermittel Viehwirtschaft	Maissilage
Dicksaft	Substrat Hefeindustrie	Maisstärke
Melasse (Futtermittel)	Futtermittelindustrie	Maissilage
Melasse (Hefeherstellung)	Substrat Hefeindustrie	Maisstärke
Stromüberschuss	Einspeisung Stromnetz	Strommix CH
Wärmeüberschuss	Fernwärme	Wärme aus Erdgas
Biogas	Prozesswärme	Wärme aus Erdgas

Die Daten zur Distribution des produzierten Rübenzuckers zum Kunden wurden direkt über die Schweizer Zucker AG erhoben (SZU, 2016). Die Schweizer Zucker AG rapportierte aktuelle Angaben (Jahr 2015) zu den eingesetzten Transportmitteln, deren Anteilen und den jeweils zurückgelegten Transportdistanzen.

2.3.2 Europäische Union

Zuckerrübenanbau und -Anlieferung

Die Daten zum Rübenanbau wie auch zur Rübenanlieferung vom Hof zur Fabrik wurden in der EU vollständig erhoben. Grundsätzlich wurden für die EU dieselben Datentypen (Feldertrag, Düngung, Feldarbeiten, Pflanzenschutz) wie in der Schweiz erhoben (vgl. Tabelle 2). Für die Entwicklung des Durchschnitts-Inventars wurden über die Zucker-produzierenden Unternehmen Daten zum Rübenanbau in den verschiedenen EU-Ländern gesammelt. Dabei rapportierten 11 Unternehmen detaillierte Anbaudaten, welche 18 EU-Länder abdecken. Die Daten aus den 18 Ländern decken eine Anbaufläche von rund 1.41 Mio. ha ab. Gemäss der CEFS³-Zuckerstatistik (CEFS, 2014) variierte die in der EU für Zuckerrüben kultivierte Anbaufläche im betrachteten Zeitraum zwischen 1.47 und 1.59 Mio. ha, womit die in Studie verwendeten Daten zwischen 89% und 96% (je nach Referenzjahr) der insgesamten Anbaufläche abdecken und damit sehr repräsentativ sind. Die Bestimmung des EU-Durchschnitts erfolgte über die Bildung eines Länder-gewichteten Mittelwerts, wobei die länderspezifischen Anteile an der Gesamtanbaufläche als Gewichtungsfaktor verwendet wurden.

Zuckerfabrik und -Distribution

Auch für die Zuckerfabriken wurden grundlegend dieselben Angaben wie in der Schweiz erhoben (vgl. Tabelle 3). Die Erhebung der entsprechenden Daten erfolgte bei den Zucker-produzierenden Unternehmen, welche teilweise in mehreren Ländern tätig sind und Zucker produzieren (z.B. Südzucker, Nordzucker). Im Vergleich zur Schweiz gibt es EU-weit verschiedene Fabrik-Setups zur Zuckerproduktion. Diese unterscheiden sich primär in Bezug auf die anfallenden Nebenprodukte bzw. deren Aufbereitung (z.B. Betain-Produktion und Verwertung in UK, Bioethanol-Produktion in Frankreich, Aufbereitung der Rübenschnitzel). Entsprechend wurden bei der Erhebung insgesamt sieben unterschiedliche Fabrik-Setups berücksichtigt.

Die von 9 Unternehmen rapportierten Daten zu den verschiedenen Fabrik-Setups produzierten im betrachteten Zeitraum insgesamt rund 14.7 Mio. t Zucker, was bei einer EU-weiten Gesamtproduktion zwischen 15.2 und 18.5 Mio. t Zucker (CEFS, 2014) einem Anteil zwischen 80% und 97% (je nach Referenzjahr) entspricht. Die Bestimmung des EU-Durchschnitts erfolgte auch hier über die Bildung eines Länder-gewichteten Mittelwerts, wobei die unternehmensspezifischen Anteile an der Gesamtproduktion als Gewichtungsfaktor verwendet wurden.

Wie auch in der Schweizer fallen in den Europäischen Zuckerfabriken diverse Nebenprodukte in verschiedenen Teilprozessen (z.B. Press- und Trockenschnitzel aus der Saftextraktion, Kalk aus der Saftreinigung) an. Eine Übersicht über alle Nebenprodukte und die angesprochenen Mengen und Eigenschaften bzw. die Verwertungswege und die dadurch substituierten Primärprodukte sind in Tabelle 6 bzw. Tabelle 7 gegeben.

³ Comité Européen des Fabricants de Sucre bzw. European Association of Sugar Producers.

Tabelle 6: Produkte und Nebenprodukte mit entsprechenden Mengen und für die verschiedenen Allokationsansätze (Saccharose-Gehalt, Energieinhalt, ökonomisch) relevanten Eigenschaften.

PRODUKTE & NEBENPRODUKTE (je Tonne Zucker)	MENGE (kg bzw. kWh/t Zu- cker)	LHV (MJ/kg)	SACCHA- ROSE (% bez. auf TS)	MARKT- ERLÖS (EUR/t)
Zucker	1000	16.93	99.98%	704
Erde	750.2	0	0	0
Steine/Sand	71.7	0	0	0
Carbokalk	224.1	0	0	16
Nassschnitzel	4.3	0	6	0
Pressschnitzel	959.1	1.8	5	20.3
Trockenschnitzel (melassiert)	132.0	14.5	16	134.9
Trockenschnitzel (vinassiert)	31.1	14.5	13	200
Melasse (Futtermittel)	134.1	10.4	60	116.5
Betaine	4.9	0	1	884.5
Bioethanol	151.5	28	0	700
Stromüberschuss	57.2	0	0	0
Wärmeüberschuss	163.2	0	0	0

Tabelle 7: Produkte und Nebenprodukte mit Angaben zur Verwertung und dadurch substituierten Primärprodukten (für Vermeidung der Allokation durch Substitution).

NEBENPRODUKTE	VERWERTUNG	SUBSTITUIERTES PRIMÄRPRODUKT
Erde	Produktion Blumenerde	-
Steine/Sand	Rohmaterial Bauindustrie	Sand, Kies aus Abbau
Carbokalk	Dünger	Kalkdünger
Nassschnitzel	Futtermittel Viehwirtschaft	Maissilage
Pressschnitzel	Futtermittel Viehwirtschaft	Maissilage
Trockenschnitzel (melassiert)	Futtermittel Viehwirtschaft	Luzerne (getrocknet)
Trockenschnitzel (vinassiert)	Futtermittel Viehwirtschaft	Luzerne (getrocknet)
Melasse (Futtermittel)	Futtermittelindustrie	Maissilage
Betaine	Fischfutter	Synthetisches Betain
Bioethanol	Treibstoff	Benzin
Stromüberschuss	Einspeisung Stromnetz	Strommix ENTSO
Wärmeüberschuss	Fernwärme	Wärme aus Erdgas
Biogas	Prozesswärme	Wärme aus Erdgas

Die Daten zu Transportdistanzen für die Zuckerdistribution in die Schweiz wurden mit einem Distanzrechner unter Berücksichtigung der mittleren Anlieferdistanzen aus deutschen und französischen Zuckerfabriken abgeschätzt.

2.4 Wirkungsabschätzung

In der Wirkungsabschätzung erfolgte die Bewertung der Umweltauswirkungen, welche mit den in den beiden Sachbilanzen abgebildeten kumulierten Ressourcenverbräuchen und Emissionen in Verbindung stehen.

In Anbetracht des in der vorliegenden Studie durchzuführenden Vergleichs des Umweltfussabdrucks der beiden Rübenzucker (Schweiz, EU) wurden zwei gesamtaggregierende Bewertungsmethoden eingesetzt, d.h. Methoden, welche die einzelnen Umweltwirkungen zu einer einzigen Kenngrösse zusammenfassen:

- Methode der ökologischen Knappheit 2013: Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen in einer Kenngrösse (Umweltbelastungspunkte, UBP) zusammenzufassen. Es handelt sich um eine Stoffflussmethode, bei der neben den bereits bestehenden Belastungen die umweltpolitischen Ziele der Schweiz einfliessen. Es wurde die Version 2013 (Frischknecht & Büsser Knöpfel, 2013) als Hauptbewertungsmethode verwendet.
- ILCD (v1.04): Die ILCD⁴ Methode (European Commission, 2011) berücksichtigt 16 verschiedene Wirkungskategorien und basiert auf aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnissen. ILCD v1.04 beinhaltet einen Normierungsschritt (European Commission, 2014) und eine Gewichtung für die Vollaggregation zu einer Kenngrösse (ILCD ecopoints). Die Gewichtung basierte auf dem Vorschlag aus einer Studie des Joint Research Center der Europäischen Kommission (Huppes & van Oers, 2011). Die ILCD-Methode v1.04 wurde in der vorliegenden Studie als Zweitmethode zur Plausibilisierung bzw. Prüfung der Robustheit eingesetzt.

2.4.1 Unsicherheitsanalyse

Die erhobenen bzw. modellierten Daten für die beiden Produktionssysteme sind mit Unsicherheiten verbunden. Für die Analyse der Sensitivität der Umweltbelastungen gegenüber Unsicherheiten in den Sachbilanz-Daten, wurden die Input- und Output-Daten hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt. Die Beurteilung der Datenqualität erfolgte über den sogenannten Pedigree-Ansatz (Ciroth et al., 2016), welcher fünf Indikatoren und für jeden Indikator fünf Qualitätsstufen unterscheidet (vgl. Tabelle 8). Diese Ordinalskala-basierte Information wird dann übertragen in eine Wahrscheinlichkeitsverteilung. Anhand dieser Verteilungen wurde die Unsicherheitsverteilung der Umweltbelastungen über eine Monte-Carlo-Simulation berechnet. Um statistisch aussagekräftige Resultate zu gewährleisten, wurden im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation 10'000 Berechnungen mit spezifischen, aus den Verteilungen zufällig ausgewählten Datenwerten durchgeführt.

Tabelle 8: Indikatoren zur Beurteilung der Datenqualität nach der Pedigree-Matrix.

INDIKATOR	BESCHREIBUNG
Verlässlichkeit	Mass für die Robustheit der Daten; Beurteilung unterscheidet zwischen verifizierten Messungen über nicht-verifizierte Annah- men bis zu Schätzungen
Vollständigkeit	Mass für die Repräsentativität der Daten; sind die Daten aus ausreichender Anzahl von Standorten/Anlagen über eine ausreichende Zeitperiode erhoben
Zeitliche Korrelation	Mass für die Aktualität der Daten; Beurteilung der zeitlichen Dif- ferenz zwischen Zeitpunkt der Studie und dem Zeitbezug der er- hobenen Daten
Geographische Korrelation	Mass für die räumliche Repräsentativität der Daten; Beurteilung berücksichtigt, wie genau der räumliche Perimeter der Datener- hebung mit demjenigen der Studie übereinstimmt
Technische Korrelation	Mass für den technologischen Bezug der Daten; wie genau bilden die erhobenen Daten die Situation des untersuchten Produktsystems ab

3. Resultate & Interpretation

Die Beschreibung und Interpretation der Ergebnisse in den folgenden Unterkapiteln bezieht sich auf die Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die entsprechenden Ergebnisse für die ILCD-Methode und die detaillierten Ergebnisse für beide Bewertungsmethoden sind im Anhang zu finden (vgl. A2).

3.1 Umweltfussabdruck der Rübenzucker

Die Resultate der Ökobilanz (d.h. Umweltfussabdruck) des Schweizer und Europäischen Zuckers sind einander in Abbildung 2 gegenübergestellt.

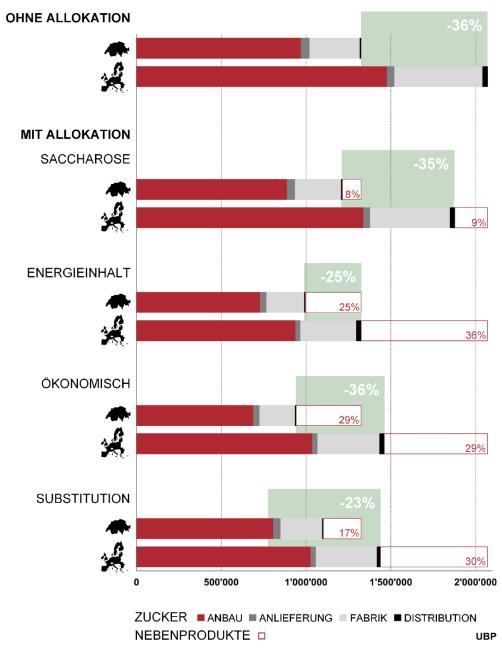


Abbildung 2: Vergleich des Umweltfussabdrucks von Schweizer und Europäischem Rübenzuckers ohne Allokation bzw. mit unterschiedlichen Allokationsansätzen (UBP gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013; Prozentangaben in den Balken bezeichnen den auf die Nebenprodukte allozierten Anteil des gesamten Umweltfussabdrucks).

Die Resultate zeigen, dass der Schweizer Zucker im Vergleich zum importierten Zucker aus der EU einen deutlich geringeren Umweltfussabdruck aufweist bzw. über die Produktionskette weniger Umweltbelastungen anfallen. Dies gilt sowohl für die Resultate ohne Allokation wie auch für die nach verschiedenen Methoden auf den Zucker zugeteilten Resultate zur Umweltbelastung. Ohne Allokation auf die Nebenprodukte beträgt der Unterschied je Tonne Zucker rund 746'000 UBP (EU: 2'070'049 UBP, CH: 1'323'755 UBP) bzw. 36% weniger Umweltbelastung des Schweizer Zuckers gegenüber dem Europäischen Zucker.

Die Höhe des Unterschieds in der Umweltbelastung zwischen den beiden Rübenzuckern variiert je nach Allokationsmethode, welche für die Aufteilung des Umweltfussabdrucks auf den Zucker bzw. die anfallenden und verwerteten Nebenprodukte eingesetzt wurde. Während der ökologische Vorteil des Schweizer Zuckers gegenüber dem Europäischen Zucker bei der ökonomischen Allokation bzw. der Allokation über den Saccharose-Gehalt rund einen Drittel beträgt (36% bzw. 35%), liegt dieser bei der Allokation über den Energieinhalt bzw. der Vermeidung durch Substitution mit ca. einem Viertel tiefer (25% bzw. 23%). Dies ist auf die unterschiedlichen Nebenprodukts-Profile zwischen der Schweiz und der EU zurückzuführen bzw. hauptsächlich auf die Tatsache, dass in der EU bestimmte Nebenprodukte für die Produktion von Bioethanol eingesetzt werden, was in der Schweiz nicht der Fall ist. Aufgrund des im Vergleich zu anderen Nebenprodukten hohen Energieinhalts des produzierten Bioethanols, wird bei dieser Art der Allokation im Falle der EU weniger Umweltbelastung auf den Zucker alloziert bzw. ein bedeutender Anteil dem Bioethanol zugeteilt, was den Zucker entlastet. Dasselbe gilt in abgeschwächter Form auch für den Substitutionsansatz, wobei dort zusätzlich die Produktion eines im Vergleich zur Schweiz anderen Futtermittels (d.h. Luzerne anstelle von Maissilage) mit höheren Gutschriften verbunden ist und damit mehr Umweltbelastung vom Hauptprodukt Zucker auf die als Futtermittel eingesetzten Nebenprodukte verlagert werden.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass der Umweltfussabdruck klar vom landwirtschaftlichen Anbau der Zuckerrüben dominiert wird, d.h. entlang der Produktionskette fallen die meisten Umweltbeeinträchtigungen im Rübenanbau an. Der Anteil des Rübenanbaus am Umweltfussabdruck liegt sowohl beim Schweizer wie auch beim Europäischen Zucker bei über 70% (73% in CH; 71% in der EU). Ebenfalls bedeutend sind die Umweltbelastungen, welche in der Zuckerfabrik bei der Verarbeitung der Zuckerrüben zum Zucker anfallen. Diese machen etwa einen Viertel des Umweltfussabdrucks des Zuckers aus (22% beim Schweizer Zucker; 25% beim Europäischen Zucker). Die Transporte – Rübenanlieferung vom Hof zur Fabrik bzw. Distribution des Zuckers zum Kunden – sind für den Umweltfussabdruck von stark untergeordneter Bedeutung. Dass die Umweltbelastungen der Anlieferung der Rüben vom Hof in die Fabrik in der Schweiz höher ausfallen als in der EU, ist auf den vergleichsweise hohen Anteil an Traktor-Transporten zurückzuführen.

Wie aus Abbildung 2 ersichtlich wird, rührt der vorteilhafte Umweltweltfussabdruck des Schweizer Zuckers praktisch vollumfänglich aus deutlich geringeren Umweltbelastungen im landwirtschaftlichen Rübenanbau (CH: 0.97 Mio. UBP, EU: 1.48 Mio. UBP) und der Zuckerfabrik (CH: 0.30 Mio. UBP,

EU: 0.52 Mio. UBP) her. Dies ist grundsätzlich auf die folgenden Sachverhalte zurückzuführen:

- Flächenertrag im Rübenanbau: Die geerntete Menge Rüben pro Anbaufläche (t pro Hektar) ist in der Schweiz mit etwa 81 t/ha höher als in der EU (75 t/ha). Da entsprechend für dieselbe Menge Zuckerrüben weniger landwirtschaftliche Anbaufläche bewirtschaftet werden muss und der Rübenanbau den Umweltfussabdruck im Vergleich zu den anderen Hauptprozessen eindeutig am stärksten bestimmt, hat dies einen signifikanten Einfluss auf den ökologischen Produktvergleich.
- Zuckerausbeute in der Fabrik: Die erforderliche Menge Zuckerrüben für die Produktion von einer Tonne Rübenzucker ist in der Schweiz mit rund 6.36 Tonnen geringer als in der EU (rund 6.81 Tonnen). Die höhere Zuckerausbeute hat zur Folge, dass in der Schweiz für die Produktion von einer Tonne Zucker weniger Rüben erforderlich sind und wiederum weniger Anbaufläche bewirtschaftet werden muss.
- Mengen und Typen von Produktionsmitteln: Weitere Unterschiede sind in den Mengen und Typen der eingesetzten Rohstoffe und Energieträger bzw. den daraus resultierenden Umweltemissionen zu finden (z.B. Dünger im Rübenanbau, Prozesswärme für Fabrik; vgl. 3.2).

Aufgrund der Bedeutung des Rübenanbaus und der Zuckerfabrik für den Umweltfussabdruck bzw. die Aussagen der vorliegenden Studie wird auf die Umweltbelastungen bzw. unterschiedlichen Beiträge der diese verursachenden Subprozesse im folgenden Unterkapitel noch näher eingegangen.

3.2 Beitrag der Hauptprozesse im Detail

3.2.1 Rübenanbau

Die Aufteilung des Umweltfussabdrucks vom Rübenanbau auf die verschiedenen Subprozesse ist in Abbildung 3 für beide Produktionssysteme dargestellt.

Es wird einerseits offensichtlich, dass der bedeutende Anteil am Umweltfussabdruck grundlegend von denselben Subprozessen herrührt. Dabei handelt es sich um die Landnutzung bzw. Flächenverbrauch, die Feldarbeiten, die Produktion der Mineraldünger sowie die Emissionen in die Umweltkompartimente (Luft, Boden, Wasser). Andererseits zeigen sich aber auch bedeutende Unterschiede in den einzelnen Beiträgen der genannten Subprozesse. Von stark untergeordneter Bedeutung für den Umweltfussabdruck im Rübenanbau sind die Herstellung des Saatguts bzw. der Pflanzenschutzmittel und die nur in der EU zum Einsatz kommende künstliche Bewässerung.

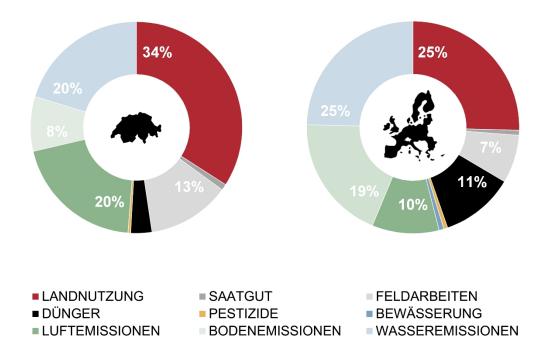


Abbildung 3: Beiträge der Subprozesse zum Umweltfussabdruck vom Rübenanbau in der Schweiz bzw. in der EU (UBP gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2013).

Die Landnutzung steuert sowohl in der Schweiz wie auch in der EU den bedeutendsten Beitrag zum Umweltfussabdruck bei (CH: 34%, EU: 25%). Dass der prozentuale Beitrag in der Schweiz – trotz besserer Ertragswerte pro Hektar und höherer Zuckerausbeute in der Fabrik –höher als in der EU liegt, ist auf den insgesamt tieferen Umweltfussabdruck im Schweizer Rübenanbau zurückzuführen (CH: 0.97 Mio. UBP, EU: 1.49 Mio. UBP). Derselbe Effekt ist auch bei den Umweltauswirkungen der Saatgutproduktion und aus der Feldbewirtschaftung zu beobachten.

Ungefähr die Hälfte des Umweltfussabdrucks im Rübenanbau wird jeweils durch die Feldemissionen in die Umwelt verursacht (CH: 49%, EU: 54%). Die auffälligen Unterschiede in den einzelnen Beiträgen (Luft, Wasser, Boden) sind hauptsächlich auf die unterschiedliche Düngungspraxis in den beiden Produktionssystemen zurückzuführen. Im Schweizer Rübenanbau werden einerseits geringere Düngermengen ausgebracht und vergleichsweise viel Hofdünger (Mist, Gülle) und entsprechend weniger Mineraldünger appliziert, während dies in der EU umgekehrt ist. Während sich Hofdünger infolge der stärkeren Verflüchtigung von Stickstoffverbindungen (z.B. Ammoniak) in umweltbeeinträchtigenden Luftemissionen äussern, stehen bei der Verwendung von Mineraldüngern die Schwermetalleinträge in den Boden stärker im Vordergrund (vgl. Abbildung 3). Dies erklärt auch den bedeutenden Unterschied im Beitrag der Düngerproduktion zum Umweltfussabdruck in den beiden Produktionssystemen (CH: 3%, EU: 11%). Während die Produktion der Hofdünger in der landwirtschaftlichen Tierhaltung ausserhalb der Systemgrenze liegt und damit verbundene Umweltauswirkungen nicht dem Rübenanbau angerechnet werden, fliesst die Produktion der Mineraldünger vollumfänglich in die Umweltbilanz ein. Die Umweltbelastungen von den Feldemissionen ins Wasser hängen weitgehend von dem ins Grundwasser ausgewaschenem Nitrat ab. Diese sind in der EU aufgrund der insgesamt höheren Mengen an ausgebrachten Stickstoffdünger bedeutend höher, was sich entsprechend in einem höheren Umweltfussabdruck wiederspiegelt.

Die Feldarbeiten sind in beiden Fällen mit vergleichbaren Umweltbelastungen verbunden und entsprechend ist der Beitrag im Schweizer Rübenanbau aufgrund des insgesamt klar geringeren Umweltfussabdrucks im Vergleich zur EU deutlich höher (CH: 13%, EU: 7%).

3.2.2 Zuckerfabrik

Abbildung 4 stellt dar, wie sich der Umweltfussabdruck der Zuckerfabrik in der Schweiz und in der EU im Detail zusammensetzt.

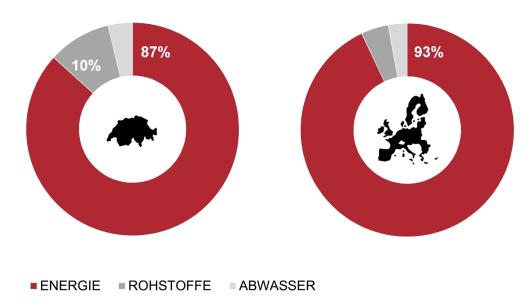


Abbildung 4: Beiträge der Subprozesse zum Umweltfussabdruck von der Zuckerfabrik in der Schweiz bzw. in der EU (UBP gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2013).

Dabei offenbart sich ein stark ähnliches Profil in der durchschnittlichen Schweizer und Europäischen Zuckerfabrik. Der überwiegende Anteil des Umweltfussabdrucks ist jeweils auf die Bereitstellung der für die Produktion erforderlichen Prozessenergie zurückzuführen (CH: 87%, EU: 93%). Die Produktion der Rohstoffe und insbesondere die Behandlung des Fabrikabwassers sind im Vergleich dazu klar weniger relevant (CH: 10% bzw. 4%, EU: 4% bzw. 3%).

Die Unterschiede zwischen der Schweizer und der Europäischen Fabrik sind praktisch vollumfänglich mit der Bereitstellung der Prozesswärme verbunden. Einerseits weisen die erhobenen Zahlen zum Wärmebedarf auf eine höhere Energieeffizienz in der Schweizer Fabrik hin, das heisst es wird für die sehr vergleichbaren Subprozesse bedeutend weniger Wärme benötigt als dies in der durchschnittlichen Europäischen Zuckerfabrik der Fall ist (CH: knapp 4'000 MJ/t Zucker, EU: rund 6'000 MJ/t Zucker). Hinzukommt, dass die für die Wärmeproduktion eingesetzten, fossilen Energieträger in der Schweiz umweltverträglicher sind als in der EU. In der Schweiz wird die Prozessenergie praktisch vollumfänglich über Erdgas gedeckt, während in der

EU ein bedeutender Anteil von etwa 40% über stark umweltbelastende Energieträger gedeckt wird (v.a. Steinkohle, Schweröl). Die Stromproduktion ist aus Sicht der Umweltbelastungen in beiden Fällen vernachlässigbar.

3.3 Unsicherheitsanalyse

Die Resultate aus der Unsicherheitsanalyse sind in Tabelle 9 dargestellt. Die Ergebnisse sind auf dem 95%-Konfidenzintervall ausgewiesen. Die ausgewiesenen Konfidenzintervalle bilden ausschliesslich Datenunsicherheiten ab.

Tabelle 9: Resultate der Unsicherheitsanalyse für den Schweizer und den Europäischen Rübenzucker (gemäss Methode der ökologischen Knappheit; ohne Allokation): Erwartungswerte, prozentuale und absolute Unsicherheitsbereiche (95%-Konfidenzintervall.

PRODUKT	UBP MITTELWERT	FEHLER %	UBP MINIMUM	UBP MAXIMUM
Schweizer Zucker	1.32 Mio.	16%	1.11 Mio.	1.54 Mio.
Europäischer Zucker	2.07 Mio.	14%	1.78 Mio.	2.36 Mio.

Die aus den Datenunsicherheiten resultierende Streuung des Umweltfussabdrucks liegt bei beiden bilanzierten Zuckern bei ca. 15% um den Mittelwert. Das 95%-Konfidenzintervall bzw. der Unsicherheitsbereich bewegt sich beim Schweizer Zucker zwischen 1.11 Mio. und 1.54 Mio. UBP, im Fall des in die Schweiz importierten Zuckers aus der EU zwischen 1.78 Mio. und 2.36 Mio. UBP. Entsprechend bleibt die zuvor getroffene Aussage, dass der Schweizer Zucker gegenüber dem Europäischen Zucker ökologisch vorteilhaft ist, auch unter Berücksichtigung von Datenunsicherheiten gültig.

4. Schlussfolgerungen

Wie eingangs erwähnt, bestand die Zielsetzung der vorliegenden Studie darin, den konventionell produzierten Schweizer Rübenzucker einem ökologischen Vergleich mit dem Europäischen Rübenzucker zu unterziehen. Dazu wurden beide Produktionssysteme über aktuelle und repräsentative Daten zu den vier Hauptprozessen (Rübenanbau, Rübenanlieferung, Zuckerfabrik, Zuckerdistribution) abgebildet und modelliert. Mit diesen Datengrundlagen wurde dann der Umweltfussabdruck anhand zwei gängiger Methoden zur Wirkungsabschätzung für die beiden Rübenzucker bilanziert, wobei sowohl verschiedene Allokationsansätze zum Umgang mit Nebenprodukten wie auch der Einfluss von Datenunsicherheiten auf die Ergebnisse berücksichtigt wurden.

Die Resultate der durchgeführten Ökobilanz zeigen, dass der Schweizer Zucker einen besseren Umweltfussabdruck aufweist als der Zucker aus der EU bzw. dass die Produktion von Rübenzucker in der Schweiz mit weniger Umweltbelastungen einhergeht als dies in der EU der Fall ist. In beiden Fällen trägt der landwirtschaftliche Rübenanbau mit rund 70% den bedeutenden Beitrag zum Umweltfussabdruck bei. Neben dem Rübenanbau sind auch die Umweltauswirkungen aus der Verarbeitung der Rüben zum Zucker in den Fabriken von Bedeutung (ca. 25%). Die Transporte für die Rübenanlieferung vom Hof zur Fabrik und für die Distribution des Zuckers von der Fabrik zum Kunden sind wenig relevant für den Umweltfussabdruck.

Der Unterschied zwischen den beiden Zuckern liegt im Anbau der Zuckerrüben und in der Verarbeitung der Rüben zum Zucker in der Fabrik. Im Rübenanbau sind vor allem die höheren Felderträge in der Schweiz sowie die unterschiedliche Düngungspraxis und damit verbundene Feldemissionen in die Umweltkompartimente entscheidend. Für den geringeren Umweltfussabdruck in der Schweizer Fabrik sind vorwiegend die bessere Zuckerausbeute sowie die höhere Energieeffizienz und der Einsatz von umweltverträglicheren Energieträgern ausschlaggebend. Das sich im Bau befindende Holzkraftwerk in Aarberg, welches zur Einsparung von rund der Hälfte der eingesetzten fossilen Brennstoffe bei der Schweizer Zucker AG mit sich bringt (SZU, 2017), ist dabei nicht eingerechnet. Die Tatsache, dass der Europäische Zucker über vergleichsweise grosse Distanzen in die Schweiz importiert wird, hat keinen Einfluss auf den ökologischen Produktvergleich.

Weiter offenbart die Studie, dass der Umweltfussabdruck der beiden Zucker und entsprechend der Unterschied zwischen den beiden Zuckern abhängig ist vom gewählten Allokationsansatz sowie von der Wahl der Methode zur Wirkungsabschätzung. Trotz des Einfluss von methodischen Annahmen bzw. der Methodenwahl auf die Ergebnisse schneidet der Schweizer Zucker bei allen Allokationsansätzen und bei beiden Methoden zur Wirkungsabschätzung bedeutend besser ab als der Europäische Zucker. Zusammen mit den Ergebnissen der Unsicherheitsanalyse und der Tatsache, dass die beiden Produktsysteme über eine sehr gute Datenqualität abgebildet sind, kann die Aussage zum ökologischen Vorteil des Schweizer Zuckers daher als robust und aussagekräftig eingeordnet werden.

5. Literatur

CEFS (2014). CEFS Sugar Statistics. Brussels: Comité Européen des Fabricants de Sucre.

Ciroth, A., Muller, S., Weidema, B. & Lesage, P. (2016). Empirically based uncertainty factors for the PEDIGREE matrix in ecoinvent. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21(9), 1338-1348.

ecoinvent (2016). ecoinvent data v.3.3. St.Gallen: Swiss Center for Life Cycle Inventories.

European Commission (2014). Normalisation method and data for environmental footprints. Deliverable 2 of the AA Environmental Footprint and Material Efficiency Support for Product Policy (No. 70307/2012/ENV.c.1/635340). JRC Technical Report, European Commission.

European Commission (2011). International reference life cycle data system (ILCD) handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Faist Emmenegger M., Reinhard J. & Zah R. (2009). Sustainability Quick-Check for Biofuels: intermediate report. Duebendorf: Agroscope Reckenholz-Tänikon.

Frischknecht, R. & Büsser Knöpfel, S. (2013). Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Hersener J.L., Meier U. & Dinkel F. (2002). Ammoniakemissionen aus Gülle und deren Minderungsmassnahmen. Final report. Luzern: Amt für Umweltschutz Kanton Luzern.

Huppes, G. & van Oers, L. (2011). Evaluation of weighting methods for measuring the EU-27 overall environmental impact. Brussels: Scientific and Technical Reports of the Joint Research Center of the European Commission, Institute for Environment and Sustainability.

ISO 14040 (2006). Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. Brussels: European Committee for Standardization (CEN).

ISO 14044 (2006). Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines. Brussels. European Committee for Standardization (CEN).

Klenk, I., Landquist, B. & Ruiz de Imana, O. (2012). The product carbon footprint of EU beet sugar. Sugar Industrie, 137 (3), 1-17.

Nemecek T. & Kägi T. (2007). Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Zurich and Duebendorf: Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

Richner, W. & Sinaj, S. (2017). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Agrarforschung Schweiz 8 (6), Spezialpublikation, 276 S.

Spoerri, A. & Kägi, T. (2015). LCA of EU beet sugar. Part I: Conducting a LCA of sugar production in the European Union. Sugar Industry, 140(65), 492-499.

Spoerri, A. & Kägi, T. (2015). LCA of EU beet sugar. Part II: Conducting a LCA of sugar production in the European Union. Sugar Industry, 140(65), 553-566.

SZU (2017). Grünes Licht für das Holzkraftwerk in Aarberg. Medienmitteilung vom 17. Mai. 2017. Aarberg: Schweizer Zucker AG.

SZU (2016). Transportmittel und -Distanzen für die Rübenanlieferung vom Hof zur Zuckerfabrik. Aarberg: Schweizer Zucker AG.

SZU (2015). Zuckerrübenstatistik. Kampagne 2015: Aarberg: Schweizer Zucker AG.

A1 Lebenszyklusinventare

A1.1 Schweiz

A1.1.1 Zuckerrübenanbau und -Anlieferung

Tabelle 10: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für den landwirtschaftlichen Anbau von Zuckerrüben in der Schweiz (alle Mengenangaben beziehen sich auf einen Hektar Rübenanbaufläche).

WAS	EINHEIT	MENGE
Rübenertrag	t/ha	82.0
INPUT		
Landnutzung		
Landbedarf (urbar, nicht-bewässert, intensiv bewirtschaftet)	m2a	1.0E+04
Feldarbeiten		
Aussaat	ha	1.0E+00
Ausbringung Gülle	m3	1.3E+01
Ernte (mit Rüben-Vollernter)	ha	1.0E+00
Ausbringung Dünger	ha	4.0E+00
Pflügen	ha	1.0E+00
Hacken	ha	2.0E+00
Ausbringung Mist	kg	9.0E+03
Ausbringung Pestizide	ha	4.4E+00
Eggen	ha	2.0E+00
Traktor-Transport (Feld – Hof)	tkm	7.8E+01
Bewässerung		
Bewässerung, Schweiz	m3	0.0E+00
Saatgut (Samen)		
Samen Zuckerrüben	kg	2.1E+00
Fertilizers		
N Mineraldünger		
Ammoniumnitrat	kg N	2.1E+01
Harnstoff	kg N	7.5E+00
Diammoniumphosphat	kg N	1.4E+00
Calciumammoniumnitrat	kg N	1.1E+01
Ammoniumsulfat	kg N	1.6E+00
P₂O₅ Mineraldünger		
Triplesuperphosphat	kg P ₂ O ₅	3.4E+00
Singlesuperphosphat	kg P ₂ O ₅	1.4E-01
Diammoniumphosphat	kg P ₂ O ₅	2.3E+00
Thomasmehl	kg P₂O₅	4.3E-01

Ł	€ 20	Minera	ldünger
---	-------------	--------	---------

K ₂ O Mineraldunger		
Kaliumsulfat (als K ₂ O)	kg K₂O	3.3E+00
Kaliumchlorid (als K ₂ O)	kg K₂O	5.0E+01
Organische Dünger		
Gründüngung	ha	1.0E+00
Gülle	m3	1.3E+01
Mist	kg	9.0E+03
Pestizide (Pflanzenschutzmittel)		
Pestizid, unspezifiziert	kg	3.0E-01
Triazin	kg	2.0E+00
Benzimidazole-Verbindung	kg	6.0E-01
Thiocarbamat-Verbindung	kg	3.7E-01
ОИТРИТ		
Direkte Feldemissionen		
in die Luf		
Ammoniak	kg	3.3E+01
Kohlendioxid (fossil)	kg	1.2E+01
Lachgas	kg	1.8E+00
Stickoxide	kg	3.8E-01
ins Wasser (Grund- und Oberflächengewässer)		
Nitrate (Grundwasser GW)	kg	5.2E+01
Phosphor (GW)	kg	7.4E-02
Phosphor (Oberflächengewässer OFG)	kg	8.0E-01
Cadmium (OFG)	kg	2.1E-05
Kupfer (OFG)	kg	3.4E-03
Zink (OFG)	kg	2.3E-02
Blei (OFG)	kg	1.6E-04
Chrom (OFG)	kg	1.7E-02
Nickel (OFG)	kg	9.2E-06
Mercury (OFG)	kg	1.2E-06
in den Boden		
Cadmium	kg	0.0E+00
Kupfer	kg	0.0E+00
Zink	kg	0.0E+00
Blei	kg	0.0E+00
Nickel	kg	0.0E+00
Chrom	kg	0.0E+00
Quecksilber	kg	7.2E-04
Metaldehyd	kg	8.0E-02

Fenpropimorph	kg	1.5E-01
Metamitron	kg	2.0E+00
Phenmedipham	kg	3.7E-01
Fungizid, unspezifiziert	kg	2.5E-02
Ethofumesat	kg	5.3E-01
Chlorothalonil	kg	7.0E-02

Tabelle 11: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für die Anlieferungstransporte der Zuckerrüben vom Hof zur Fabrik (alle Mengenangaben beziehen sich auf 6.36 Tonnen Zuckerrüben, welche für die Produktion von 1 Tonne Zucker in der Schweiz erforderlich sind).

WAS	EINHEIT	MENGE
Traktor	tkm	7.1E+01
Bahn	tkm	2.7E+02

A1.1.2 Zuckerfabrik und -Distribution

Tabelle 12: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für die Zuckerfabrik in der Schweiz (alle Mengenangaben beziehen sich auf 1 Tonne Zucker).

WAS	EINHEIT	MENGE
Zuckerausbeute	t Rüben	6.36
INPUT		
Energie		
Strom (eingekauft)	kWh	62.26
Erdgas	MJ	3471.27
Heizöl EL	MJ	2.52
Schweröl	MJ	0.00
Steinkohlenkoks	MJ	260.85
Rohstoffe		
Kalkstein	kg	132.05
Natriumkarbonat	kg	0.61
Natriumhydroxid	kg	0.00
Schwefelsäure	kg	0.37
Natronlauge	kg	3.33
Weitere organische Chemikalien	kg	0.86
Weitere anorganische Chemikalien	kg	4.68
Leitungswasser	kg	0.06

Tabelle 13: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für die Distribution des Zuckers von der Fabrik zum Kunden (alle Mengenangaben beziehen sich auf 1 Tonne Zucker).

WAS	EINHEIT	MENGE
LKW (16-32t, EURO 5)	tkm	4.8E+01
Bahn	tkm	2.8E+01

A1.2 Europäische Union (EU)

A1.2.1 Zuckerrübenanbau- und -Anlieferung

Tabelle 14: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für den landwirtschaftlichen Anbau von Zuckerrüben in der EU (alle Mengenangaben beziehen sich auf einen Hektar Rübenanbaufläche).

WAS	EINHEIT	MENGE
Sugar beet yield	t beet	75.6
INPUT		
Land area		
Arable land occupation ^(*)	m2a	1.0E+04
Field work activities		
Ploughing	ha	6.63E-01
Harrowing	ha	1.13E+00
Hoeing	ha	4.26E-01
Sowing	ha	7.23E-01
Sowing inter crop	ha	3.12E-01
Mineral fertilizer application	ha	1.66E+00
Slurry spreading	m3	2.43E+00
Pesticide application	ha	4.01E+00
Harvesting	ha	7.23E-01
Minimal Tillage (non-inversion)	ha	1.49E-03
Mulching	ha	1.51E-01
Chiselling	ha	2.38E-03
Currying	ha	3.40E-03
Rolling	ha	6.80E-03
Loading and spreading of solid manure	kg	3.88E+03
Diesel use of tractor ^(**)	kg	3.14E+01
Irrigation		
Irrigation water (Total)	m³	2.59E+02
Minimal country contribution to weighted average	m³	0.00E+00
Maximal country contribution to weighted average	m ³	1.03E+02
Number of countries with irrigation	#	10
Seeds		
Seeds sugar beet	kg	2.59E+00
Seeds inter crop (mainly mustard or oil radish)	kg	2.87E+00
Fertilizers		
N mineral fertilizers		
Ammonium nitrate	kg N	4.24E+01

Diammonium phosphate, as N kg N 5.72E+00 Calcium ammonium nitrate kg N 8.45E+00 Ammonium sulphate kg N 6.47E+00 Liquid ammonia kg N 5.51E+00 N from NPK fertilizers kg N 3.24E+01 Pso mineral fertilizers Triple superphosphate kg P ₂ O ₅ 2.06E+01 Single superphosphate kg P ₂ O ₅ 1.13E+01 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P ₂ O ₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P ₂ O ₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P ₂ O ₅ 1.32E+01 Fform NPK fertilizers kg P ₂ O ₅ 1.32E+01 K ₂ O mineral fertilizers kg K ₂ O 8.58E+00 K from Appendix (appendix	Urea (carbamide)	kg N	1.24E+01		
Ammonium sulphate kg N 6.47E+00 Liquid ammonia kg N 5.51E+00 N from NPK fertilizers kg N 3.24E+01 Image: Im	Diammonium phosphate, as N	kg N	5.72E+00		
Liquid ammonia kg N 5.51€+00 N from NPK fertilizers kg N 3.24E+01 P₂O₅ mineral fertilizers Triple superphosphate kg P₂O₅ 2.06E+01 Single superphosphate kg P₂O₅ 7.61E+00 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 Commeral fertilizers Potassium sulphate kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime, from carbonation kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 3.79E+02 Quicklime (CaO) kg 8.17E-04 Magnesium kg 8.17E-	Calcium ammonium nitrate	kg N	8.45E+00		
N from NPK fertilizers kg N 3.24E+01 P₂O₅ mineral fertilizers Triple superphosphate kg P₂O₅ 2.06E+01 Single superphosphate kg P₂O₅ 7.61E+00 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₃O mineral fertilizers kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers kg M₂O 4.55E+01 Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.76E+03 Manganesium kg 8.17E-04 Moron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.57E+02	Ammonium sulphate	kg N	6.47E+00		
P₂O₅ mineral fertilizers Triple superphosphate kg P₂O₅ 2.06E+01 Single superphosphate kg P₂O₅ 7.61E+00 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₀ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₀ 1.32E+01 K₃O mineral fertilizers kg K₂O 8.58E+00 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 8.17E-04 Manganesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Organic fertilizers kg 4.42E+02 Urinasse kg 4.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02	Liquid ammonia	kg N	5.51E+00		
Triple superphosphate kg P₂O₅ 2.06E+01 Single superphosphate kg P₂O₅ 7.61E+00 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers kg 4.42E+02 Vinasse kg 4.38E+00 Manure, pig kg 2.	N from NPK fertilizers	kg N	3.24E+01		
Single superphosphate kg P₂O₅ 7.81E+00 Diammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg	P ₂ O ₅ mineral fertilizers				
Diammonium phosphate, as P205 kg P₂O₅ 1.13E+01 Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P205 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 4.55E+01 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers kg M₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers kg 3.92E+01 1.27E+03 Lime, from carbonation kg 3.92E+01 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 9.69E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 4.56E+00 Manganesium kg 8.17E-04 8.7E-04 Monganese kg 8.17E-04 1.7E-04 Organic fertilizers kg 4.42E+02 Vinasse kg 9.5.57E+02 1.7E-04 Whanure, pig kg 9.00E+00 Manure (cattle, horses etc.) kg 9.26E+	Triple superphosphate	kg P ₂ O ₅	2.06E+01		
Thomas meal kg P₂O₅ 2.18E+00 Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg	Single superphosphate	kg P ₂ O ₅	7.61E+00		
Monoammonium phosphate, as P2O5 kg P₂O₅ 4.25E+00 P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Organic fertilizers Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 2.96E+01 <td>Diammonium phosphate, as P2O5</td> <td>kg P₂O₅</td> <td>1.13E+01</td>	Diammonium phosphate, as P2O5	kg P ₂ O ₅	1.13E+01		
P from NPK fertilizers kg P₂O₅ 1.32E+01 K₂O mineral fertilizers Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.76E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01	Thomas meal	kg P₂O₅	2.18E+00		
K₂O mineral fertilizers Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg M₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Posticides Fungicides	Monoammonium phosphate, as P2O5	kg P ₂ O ₅	4.25E+00		
Potassium chloride kg K₂O 8.62E+01 Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 0.338E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 <td <="" colspan="2" td=""><td>P from NPK fertilizers</td><td>kg P₂O₅</td><td>1.32E+01</td></td>	<td>P from NPK fertilizers</td> <td>kg P₂O₅</td> <td>1.32E+01</td>		P from NPK fertilizers	kg P ₂ O ₅	1.32E+01
Potassium sulphate kg K₂O 8.58E+00 K from NPK fertilizers kg K₂O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides	K₂O mineral fertilizers				
K from NPK fertilizers kg K ₂ O 4.55E+01 Other mineral fertilizers Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides	Potassium chloride	kg K₂O	8.62E+01		
Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Liquid manure, cattle kg 2.83E+02 Liquid manure (cattle, horses etc.) kg 8.60E+02 Liquid manure (cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Liquidides	Potassium sulphate	kg K₂O	8.58E+00		
Lime, from carbonation kg 1.27E+03 Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	K from NPK fertilizers	kg K₂O	4.55E+01		
Lime stone kg 3.92E+01 Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Other mineral fertilizers				
Quicklime (CaO) kg 9.69E+01 Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Lime, from carbonation	kg	1.27E+03		
Sodium kg 1.56E+00 Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Lime stone	kg	3.92E+01		
Magnesium kg 8.17E-04 Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Quicklime (CaO)	kg	9.69E+01		
Boron kg 8.17E-04 Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Sodium	kg	1.56E+00		
Manganese kg 8.17E-04 Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Magnesium	kg	8.17E-04		
Organic fertilizers Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Boron	kg	8.17E-04		
Compost kg 5.57E+02 Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Manganese	kg	8.17E-04		
Vinasse kg 4.42E+02 Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Organic fertilizers				
Horn meal kg 0.00E+00 Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Compost	kg	5.57E+02		
Manure, pig kg 2.83E+02 Manure (cattle, horses etc.) kg 3.38E+03 Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Vinasse	kg	4.42E+02		
Manure (cattle, horses etc.) Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Horn meal	kg	0.00E+00		
Slurry, pig kg 8.60E+02 Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Manure, pig	kg	2.83E+02		
Liquid manure, cattle kg 2.96E+00 Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Manure (cattle, horses etc.)	kg	3.38E+03		
Slurry, cattle kg 7.65E+01 Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Slurry, pig	kg	8.60E+02		
Biogas slurry kg 1.05E+03 Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Liquid manure, cattle	kg	2.96E+00		
Poultry manure kg 2.21E+02 Pesticides Fungicides	Slurry, cattle	kg	7.65E+01		
Pesticides Fungicides	Biogas slurry	kg	1.05E+03		
Fungicides	Poultry manure	kg	2.21E+02		
	Pesticides				
Azoxystrobin kg 1.24E-02	Fungicides				
	Azoxystrobin	kg	1.24E-02		

Chlorthalonil kg 3.40E-02 Cyproconazole kg 3.03E-02 Copperoxychloride kg 5.75E-03 Copper sulfate kg 5.75E-03 Difenconazole kg 7.91E-02 Epoxiconazole kg 5.40E-02 Fenpropidin kg 8.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 5.74E-03 Sulfur kg 2.92E-03 Tebuconazole kg 5.78E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Choridazon kg <th>Carbendazim</th> <th>kg</th> <th>1.19E-02</th>	Carbendazim	kg	1.19E-02
Copperoxychloride kg 5.75E-03 Copper sulfate kg 5.76E-03 Difenoconazole kg 7.91E-02 Epoxiconazole kg 5.40E-02 Fenpropidin kg 6.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 5.38E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.92E-03 Tebuconazole kg 5.23E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Chloridazon kg <td>Chlorthalonil</td> <td>kg</td> <td>3.40E-02</td>	Chlorthalonil	kg	3.40E-02
Copper sulfate kg 5.75E-03 Difenoconazole kg 7.91E-02 Epoxiconazole kg 5.40E-02 Fenpropidin kg 8.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 4.0E-02 Hymexazol kg 4.4E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 5.38E-03 Pyraclostrobine kg 5.38E-03 Pyraclostrobine kg 5.78E-03 Quinoxyfen kg 2.18E-01 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.0E-02 Chloridazon kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl	Cyproconazole	kg	3.03E-02
Difenoconazole kg 7.91E-02 Epoxiconazole kg 5.40E-02 Fenpropidin kg 8.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carlentrazone-Ethyl kg	Copperoxychloride	kg	5.75E-03
Epoxiconazole kg 5.40E-02 Fenpropidin kg 8.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.0E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.29E-03 Tetraconazole kg 5.78E-03 Thiram kg 5.78E-03 Thiram kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01	Copper sulfate	kg	5.75E-03
Fenpropidin kg 8.64E-02 Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriatol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 5.74E-03 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Ciethodim kg 1.23E-01 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim	Difenoconazole	kg	7.91E-02
Fenpropimorph kg 4.16E-02 Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Ciethodim kg 1.23E-01 Clopyr	Epoxiconazole	kg	5.40E-02
Flutriafol kg 3.14E-03 Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.78E-03 Thiram kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clomazone kg 4.08E-01 Clomazone kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01	Fenpropidin	kg	8.64E-02
Flusilazol kg 1.10E-02 Hymexazol kg 4.44E-03 Iprodione kg 4.75E-04 Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.86E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Thiram kg 3.06E-02 Interbicides	Fenpropimorph	kg	4.16E-02
Hymexazol kg	Flutriafol	kg	3.14E-03
Iprodione	Flusilazol	kg	1.10E-02
Kresoxim-methyl kg 1.29E-03 Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.07E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.72E-01 kg 1.80E-04	Hymexazol	kg	4.44E-03
Maneb kg 2.85E-02 Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.07E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 1.07E-02	Iprodione	kg	4.75E-04
Prochloraz kg 7.02E-03 Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clopyralid kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.07E-02 Ethofumesate kg 1.07E-01 <	Kresoxim-methyl	kg	1.29E-03
Propiconazole kg 5.83E-03 Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2.4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02 1.07E-02 1.07E-02 1.07E-02	Maneb	kg	2.85E-02
Pyraclostrobine kg 5.74E-03 Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Prochloraz	kg	7.02E-03
Quinoxyfen kg 4.79E-04 Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Triram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Propiconazole	kg	5.83E-03
Sulfur kg 2.18E-01 Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Pyraclostrobine	kg	5.74E-03
Tebuconazole kg 2.92E-03 Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Quinoxyfen	kg	4.79E-04
Tetraconazole kg 5.23E-03 Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 4.72E-01 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Sulfur	kg	2.18E-01
Thiophanate-methyl kg 5.78E-03 Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 4.72E-01 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Tebuconazole	kg	2.92E-03
Thiram kg 1.52E-03 Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Tetraconazole	kg	5.23E-03
Trifloxystrobin kg 3.06E-02 Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Thiophanate-methyl	kg	5.78E-03
Herbicides 2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Thiram	kg	1.52E-03
2,4-D kg 2.95E-04 Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Trifloxystrobin	kg	3.06E-02
Carfentrazone-Ethyl kg 3.86E-05 Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Herbicides		
Chloridazon kg 4.08E-01 Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	2,4-D	kg	2.95E-04
Clethodim kg 1.23E-01 Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Carfentrazone-Ethyl	kg	3.86E-05
Clomazone kg 2.71E-03 Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Chloridazon	kg	4.08E-01
Clopyralid kg 3.34E-02 Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Clethodim	kg	1.23E-01
Cycloxydim kg 1.17E-02 Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Clomazone	kg	2.71E-03
Desmedipham kg 1.02E-01 Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Clopyralid	kg	3.34E-02
Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU) kg 3.86E-02 Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Cycloxydim	kg	1.17E-02
Diquat kg 1.80E-04 Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Desmedipham	kg	1.02E-01
Ethofumesate kg 4.72E-01 Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Dimethenamide (since 2006 prohibited in EU)	kg	3.86E-02
Fluazifop-P-Butyl kg 1.07E-02	Diquat	kg	1.80E-04
	Ethofumesate	kg	4.72E-01
Glyphosate kg 3.04E-01	Fluazifop-P-Butyl	kg	1.07E-02
	Glyphosate	kg	3.04E-01

Lenacil MCPA Metamitron Metolachlor	kg kg kg	1.35E-01 3.59E-05 1.44E+00
Metamitron	kg	
		1.44E+00
Motolophlor	kg	
vietolacilioi		3.20E-02
Phenmedipham	kg	6.01E-01
Propaquizafop	kg	1.40E-02
Propizamide	kg	1.09E-02
Quinmerac	kg	4.07E-02
Quizalofop-p-	kg	5.82E-03
Tepraloxydim	kg	1.66E-02
Tifensulfuronmetil	kg	4.35E-05
Triallate	kg	3.84E-02
Triflusulfuron-methyl	kg	1.40E-02
Insecticides		
Bacillus Thuringiensis	kg	1.36E-03
Chlorpyrifos	kg	1.43E-02
Cyfluthrin	kg	2.59E-05
Cypermethrin	kg	1.82E-02
Deltamethrin	kg	3.10E-04
Dimethoate	kg	1.75E-03
Esfenvalerate	kg	2.03E-04
midacloprid	kg	2.56E-02
nsecticide unspecified	kg	4.63E-03
_ambda-Cyhalothrin	kg	1.34E-03
Metaldehyde	kg	1.26E-02
Methiocarb	kg	8.64E-03
Mineral oil	kg	8.60E-03
Nitrophenole	kg	6.86E-06
Oxamyl	kg	2.84E-02
Pirimicarb	kg	6.39E-03
Tefluthrine	kg	1.47E-03
Thiacloprid	kg	1.02E-03
Thiamethoxam	kg	3.43E-03
Fungicides total	kg	6.93E-01
Herbicides total	kg	3.85E+00
nsecticides total	kg	1.38E-01
ОИТРИТ		
Direct field emissions		

... Emissions to air

Ammonia (NH ₃)	kg	1.9E+01
Carbon dioxide (CO ₂) from urea	kg	1.9E+01
Dinitrogen monoxide (N ₂ O)	kg	2.6E+00
Nitrogen oxides (NO _x)	kg	5.4E-01
Emissions to water (heavy metals from fertilizers)		
Nitrat (Grundwasser GW)	kg	1.1E+02
Phosphor (GW)	kg	7.1E-02
Phosphor (Oberflächengewässer OFG)	kg	7.9E-01
Cadmium (OFG)	kg	4.0E-05
Kupfer (OFG)	kg	3.5E-03
Zink (OFG)	kg	2.6E-02
Blei (OFG)	kg	4.0E-04
Chrom (OFG)	kg	2.1E-02
Nickel (OFG)	kg	1.3E-05
Quecksilber (OFG)	kg	1.2E-06
Emissions to soil		
Mercury (Hg)	kg	4.32E-04

^(*) Share of yearly land occupation with sugar beets (7 months cultivation period).

Tabelle 15: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für die Anlieferungstransporte der Zuckerrüben vom Hof zur Fabrik (alle Mengenangaben beziehen sich auf 6.81 Tonnen Zuckerrüben, welche für die Produktion von 1 Tonne Zucker in der EU erforderlich sind).

WAS	EINHEIT	MENGE
Traktor	tkm	2.6E+00
LKW (16-32t, EURO 3)	tkm	2.6E+01
LKW (16-32t, EURO 4)	tkm	1.2E+02
LKW (>32t, EURO 4)	tkm	8.4E+01
LKW (>32t, EURO 5)	tkm	5.1E+01

One company delivered diesel use instead of field work activities (corresponds to weighted 0.277 ha).

A1.2.2 Zuckerfabrik und -Distribution

Tabelle 16: Lebenszyklusinventar für die durchschnittliche Zuckerfabrik in der EU (alle Mengenangaben beziehen sich auf 1 Tonne Zucker).

WAS	EINHEIT	MENGE
Sugar yield	t beet	6.81
INPUT		
Energy		
Electricity (purchased)	kWh	24.1
Natural gas	MJ	3536.4
Light fuel oil	MJ	2.62
Heavy fuel oil	MJ	944.0
Lignite	MJ	124.2
Stone coal	MJ	1422.8
Coke	MJ	158.1
Biogas	MJ	38.5
Anthracite	MJ	90.3
Propane	MJ	0.95
Auxiliary materials		
Limestone crushed	kg	228.0
Sodium carbonate	kg	1.09
Sodium hydroxide	kg	2.51
Sulfuric acid	kg	3.49
Sulfur dioxide	kg	0.14
Grounded sulfur	kg	0.010
Phosphoric Acid (75%)	kg	0.0028
Aluminum sulfate (8%)	kg	0.0024
Hydrochloric acid (HCI)	kg	0.86
Iron(III) chloride	kg	0.0005
Sodium hypochlorite	kg	0.022
Magnesium Oxide	kg	0.066
Sodium chloride	kg	0.062
Ammonium sulfate	kg	0.0013
Biocides	kg	0.042
Formaldehyde	kg	0.0044
Polyethylene glycol	kg	0.0021
Resin	kg	0.0048
Unspecified organic chemicals	kg	0.31
Lead (II) hydroxyacetate	kg	0.057

WAS	EINHEIT	MENGE
Unspecified inorganic chemicals	kg	1.92
Calcium sulphate (CaSO4)	kg	0.22
Sodium bisulfite	kg	0.0058
Trisodium phosphate	kg	0.016
Flocking agent	kg	0.0015
Co-additive	kg	0.0004
Anti-scaling agents	kg	0.0062
Anti-foam agents	kg	0.0081
Chemicals for water boiler house treatment	kg	0.0013
Activated carbon	kg	0.0008
Tap water (99.7% of total water consumption)	kg	18.7
Borehole Water (0.2% of total water consumption)	kg	0.035
River Water (0.1% of total water consumption)	kg	0.027
Sugar refinery plant (infrastructure)	#	8.8E-11

Tabelle 17: Lebenszyklusinventar (Dateninventar) für die Distribution des Rübenzuckers von der Fabrik zum Kunden in der Schweiz (alle Mengenangaben beziehen sich auf 1 Tonne Zucker).

WAS	EINHEIT	MENGE
LKW (> 32t; EURO 5)	tkm	2.0E+02
Bahn	tkm	2.0E+02

A2 Wirkungsabschätzung

A2.1 Methode der ökologischen Knappheit

A2.1.1 Schweiz

Tabelle 18: Umweltfussabdruck von Schweizer Rübenzucker nach einzelnen Umweltwirkungen (ohne Allokation gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2013).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Water resources*	UBP	1.4E+01	1.2E+02	-6.6E+01	-4.0E+01	1.6E+00
Energy resources	UBP	2.6E+04	5.0E+03	1.8E+03	1.9E+04	3.1E+02
Mineral resources	UBP	1.5E+04	7.7E+03	2.6E+03	3.9E+03	3.7E+02
Land use	UBP	3.3E+05	3.3E+05	4.8E+02	3.6E+02	1.4E+02
Global warming	UBP	2.4E+05	7.2E+04	1.5E+04	1.5E+05	2.1E+03
Ozone layer depletion	UBP	4.5E+02	1.1E+02	3.1E+01	3.0E+02	6.9E+00
Main air pollutants and PM	UBP	2.9E+05	2.3E+05	1.7E+04	4.1E+04	1.5E+03
Carcinogenic sub- stances into air	UBP	4.5E+04	6.2E+03	3.0E+03	3.6E+04	1.5E+02
Heavy metals into air	UBP	1.8E+04	9.3E+03	2.9E+03	4.9E+03	4.8E+02
Water pollutants	UBP	1.9E+05	1.7E+05	8.3E+02	1.1E+04	2.4E+02
POP into water	UBP	3.5E+03	2.4E+03	4.8E+02	5.0E+02	1.5E+02
Heavy metals into water	UBP	5.2E+04	3.8E+04	1.7E+03	1.3E+04	1.6E+02
Pesticides into soil	UBP	8.2E+04	8.2E+04	3.6E+00	5.1E+01	1.8E-01
Heavy metals into soil	UBP	1.3E+04	6.0E+03	4.4E+03	2.0E+03	1.8E+02
Radioactive substances into air	UBP	2.0E-03	4.0E-04	2.4E-04	1.3E-03	4.1E-05
Radioactive substances into water	UBP	1.6E+02	1.1E+01	2.7E+01	1.2E+02	2.9E+00
Non radioactive waste to deposit	UBP	1.8E+02	4.0E+01	1.8E+01	1.2E+02	1.2E+00
Radioactive waste to deposit	UBP	1.5E+04	9.6E+02	2.4E+03	1.1E+04	2.6E+02
TOTAL	UBP	1.3E+06	9.7E+05	5.2E+04	3.0E+05	6.1E+03

^{*} negative Werte rühren aus Rundungseffekten in den Wasserbilanzen von vorgelagerten Produktionsketten ab (keinen Einfluss auf die Resultate bzw. Aussagen der Studie).

A2.1.2 Europäische Union

Tabelle 19: Umweltfussabdruck von importiertem Rübenzucker aus der EU nach einzelnen Umweltwirkungen (ohne Allokation gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2013).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Water resources	UBP	1.1E+04	1.1E+04	5.0E+00	1.4E+02	8.1E+00
Energy resources	UBP	4.1E+04	7.9E+03	2.1E+03	3.0E+04	1.5E+03
Mineral resources	UBP	2.3E+04	1.6E+04	2.3E+03	2.9E+03	1.8E+03
Land use	UBP	3.8E+05	3.8E+05	7.3E+02	7.5E+02	6.2E+02
Global warming	UBP	4.3E+05	1.2E+05	1.7E+04	2.9E+05	9.4E+03
Ozone layer depletion	UBP	7.4E+02	2.7E+02	5.0E+01	3.9E+02	3.2E+01
Main air pollutants and PM	UBP	3.2E+05	1.9E+05	1.3E+04	1.1E+05	7.1E+03
Carcinogenic sub- stances into air	UBP	4.0E+04	7.7E+03	8.7E+02	3.0E+04	8.6E+02
Heavy metals into air	UBP	3.8E+04	1.7E+04	3.3E+03	1.5E+04	2.2E+03
Water pollutants	UBP	3.7E+05	3.4E+05	2.0E+03	2.3E+04	1.0E+03
POP into water	UBP	8.9E+03	3.8E+03	1.2E+03	3.3E+03	6.3E+02
Heavy metals into water	UBP	1.0E+05	8.7E+04	1.1E+03	1.2E+04	8.5E+02
Pesticides into soil	UBP	2.7E+05	2.7E+05	1.3E+00	8.7E+00	9.5E-01
Heavy metals into soil	UBP	2.7E+04	2.4E+04	1.4E+03	3.5E+02	7.7E+02
Radioactive substances into air	UBP	2.4E-03	8.6E-04	2.1E-04	1.1E-03	2.2E-04
Radioactive substances into water	UBP	1.4E+02	5.5E+01	3.9E+00	6.6E+01	1.9E+01
Non radioactive waste to deposit	UBP	2.0E+02	5.7E+01	8.5E+00	1.3E+02	6.0E+00
Radioactive waste to deposit	UBP	1.3E+04	4.9E+03	3.6E+02	6.0E+03	1.7E+03
TOTAL	UBP	2.1E+06	1.5E+06	4.5E+04	5.2E+05	2.8E+04

A2.2 ILCD-Methode

A2.2.1 Schweiz

Tabelle 20: Umweltfussabdruck von Schweizer Rübenzucker nach einzelnen Umweltwirkungen auf Ebene «Single Score» (inkl. Normalisierung und Gewichtung; ohne Allokation gemäss der ILCD-Methode).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Climate change	Pt.	1.3E-02	4.0E-03	7.9E-04	8.3E-03	1.2E-04
Ozone depletion	Pt.	1.1E-04	2.4E-05	6.4E-06	8.1E-05	1.6E-06
Human toxicity, non-cancer effects	Pt.	3.8E-02	2.8E-02	8.3E-03	2.1E-03	1.1E-04
Human toxicity, cancer effects	Pt.	1.3E-02	1.1E-02	1.1E-03	1.6E-03	6.9E-05
Particulate matter	Pt.	6.7E-03	4.5E-03	5.0E-04	1.7E-03	4.5E-05
Ionizing radiation HH	Pt.	7.1E-04	1.4E-04	8.5E-05	4.6E-04	1.5E-05
Photochemical ozone formation	Pt.	2.8E-03	1.6E-03	3.7E-04	8.3E-04	3.5E-05
Acidification	Pt.	8.8E-03	7.8E-03	2.2E-04	7.6E-04	1.8E-05
Terrestrial eutrophication	Pt.	5.4E-03	5.1E-03	1.0E-04	1.5E-04	8.5E-06
Freshwater eutrophication	Pt.	1.3E-03	1.2E-03	2.7E-05	1.4E-04	1.4E-06
Marine eutrophication	Pt.	2.4E-03	2.1E-03	9.5E-05	2.2E-04	8.1E-06
Freshwater ecotoxicity	Pt.	8.7E-03	7.3E-03	6.1E-04	7.0E-04	1.8E-04
Land use	Pt.	1.2E-02	1.1E-02	2.5E-04	2.9E-04	3.1E-05
Water resource depletion	Pt.	6.9E-05	1.1E-04	-3.0E-05	-6.9E-06	1.3E-06
Mineral, fossil & renew. resource depletion	Pt.	1.8E-02	1.1E-02	2.7E-03	3.6E-03	1.5E-04
TOTAL	Pt.	1.3E-01	9.4E-02	1.5E-02	2.1E-02	7.9E-04

Tabelle 21: Umweltfussabdruck von Schweizer Rübenzucker nach einzelnen Umweltwirkungen auf Ebene «Midpoint» (ohne Normalisierung und Gewichtung; ohne Allokation gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2013).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Climate change	kg CO2 eq	5.2E+02	1.5E+02	3.1E+01	3.3E+02	4.5E+00
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	6.8E-05	1.4E-05	3.8E-06	4.8E-05	9.3E-07
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	3.2E-04	2.3E-04	6.8E-05	1.7E-05	8.7E-07
Human toxicity, cancer effects	CTUh	1.2E-05	9.7E-06	1.0E-06	1.5E-06	6.3E-08
Particulate matter	kg PM2.5 eq	3.9E-01	2.6E-01	2.9E-02	9.6E-02	2.6E-03
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	2.5E+01	4.9E+00	3.0E+00	1.6E+01	5.2E-01
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	1.8E-04	3.6E-05	2.2E-05	1.2E-04	3.8E-06
Photochemical ozone formation	kg NM- VOC eq	1.7E+00	9.4E-01	2.2E-01	4.9E-01	2.0E-02
Acidification	molc H+ eq	9.9E+00	8.8E+00	2.4E-01	8.6E-01	2.0E-02
Terrestrial eutrophication	molc N eq	4.1E+01	3.9E+01	7.6E-01	1.1E+00	6.4E-02
Freshwater eutrophication	kg P eq	8.5E-02	7.5E-02	1.7E-03	8.9E-03	8.7E-05
Marine eutrophication	kg N eq	1.7E+00	1.5E+00	6.9E-02	1.6E-01	5.8E-03
Freshwater ecotoxicity	CTUe	7.1E+02	5.9E+02	4.9E+01	5.6E+01	1.5E+01
Land use	kg C deficit	8.5E+03	8.1E+03	1.8E+02	2.1E+02	2.3E+01
Water resource depletion	m3 water eq	1.1E-01	1.7E-01	-4.9E-02	-1.1E-02	2.0E-03
Mineral, fossil & renew. resource depletion	kg Sb eq	2.6E-02	1.6E-02	3.9E-03	5.3E-03	2.2E-04

A2.2.2 Europäische Union

Tabelle 22: Umweltfussabdruck von Rübenzucker aus der EU nach einzelnen Umweltwirkungen auf Ebene «Single Score» (inkl. Normalisierung und Gewichtung; ohne Allokation gemäss ILCD-Methode).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Climate change	Pt.	2.4E-02	6.4E-03	9.2E-04	1.6E-02	5.2E-04
Ozone depletion	Pt.	1.7E-04	4.7E-05	1.2E-05	1.0E-04	7.1E-06
Human toxicity, non-cancer effects	Pt.	2.5E-02	2.1E-02	1.0E-03	2.6E-03	4.8E-04
Human toxicity, cancer effects	Pt.	1.7E-02	1.5E-02	3.0E-04	1.6E-03	4.1E-04
Particulate matter	Pt.	1.1E-02	4.5E-03	3.3E-04	6.0E-03	2.1E-04
Ionizing radiation HH	Pt.	8.6E-04	3.1E-04	7.5E-05	4.0E-04	7.8E-05
Photochemical ozone formation	Pt.	4.2E-03	1.8E-03	3.5E-04	2.0E-03	1.6E-04
Acidification	Pt.	8.9E-03	5.9E-03	1.7E-04	2.7E-03	8.3E-05
Terrestrial eutrophication	Pt.	4.3E-03	3.7E-03	9.4E-05	4.5E-04	3.9E-05
Freshwater eutrophication	Pt.	1.9E-03	1.6E-03	8.3E-06	3.3E-04	7.6E-06
Marine eutrophication	Pt.	4.4E-03	3.7E-03	8.9E-05	5.8E-04	3.7E-05
Freshwater ecotoxicity	Pt.	2.1E-02	1.7E-02	1.3E-03	1.4E-03	7.9E-04
Land use	Pt.	1.4E-02	1.3E-02	2.1E-04	6.6E-04	1.4E-04
Water resource depletion	Pt.	1.5E-02	1.5E-02	1.9E-06	2.6E-04	7.5E-06
Mineral, fossil & renew. resource depletion	Pt.	2.6E-02	2.1E-02	1.7E-03	2.1E-03	6.9E-04
TOTAL	Pt.	1.8E-01	1.3E-01	6.6E-03	3.7E-02	3.7E-03

Tabelle 23: Umweltfussabdruck von Rübenzucker aus der EU nach einzelnen Umweltwirkungen auf Ebene «Midpoint» (ohne Normalisierung und Gewichtung; ohne Allokation gemäss ILCD-Methode).

UMWELTWIRKUNG	EINHEIT	TOTAL	ANBAU	ANLIE- FERUNG	FABRIK	DISTRI- BUTION
Climate change	kg CO2 eq	9.3E+02	2.5E+02	3.6E+01	6.2E+02	2.0E+01
Ozone depletion	kg CFC- 11 eq	1.0E-04	2.8E-05	6.9E-06	6.2E-05	4.2E-06
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	2.1E-04	1.7E-04	8.2E-06	2.2E-05	3.9E-06
Human toxicity, cancer effects	CTUh	1.5E-05	1.3E-05	2.8E-07	1.5E-06	3.7E-07
Particulate matter	kg PM2.5 eq	6.4E-01	2.6E-01	1.9E-02	3.5E-01	1.2E-02
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	3.0E+01	1.1E+01	2.6E+00	1.4E+01	2.7E+00
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	2.2E-04	7.8E-05	1.9E-05	1.0E-04	2.0E-05
Photochemical ozone formation	kg NM- VOC eq	2.5E+00	1.0E+00	2.0E-01	1.2E+00	9.3E-02
Acidification	molc H+ eq	1.0E+01	6.6E+00	1.9E-01	3.1E+00	9.4E-02
Terrestrial eutrophication	molc N eq	3.2E+01	2.8E+01	7.1E-01	3.4E+00	3.0E-01
Freshwater eutrophication	kg P eq	1.2E-01	9.8E-02	5.3E-04	2.1E-02	4.8E-04
Marine eutrophication	kg N eq	3.2E+00	2.7E+00	6.5E-02	4.2E-01	2.7E-02
Freshwater ecotoxicity	CTUe	1.7E+03	1.4E+03	1.0E+02	1.1E+02	6.4E+01
Land use	kg C deficit	1.0E+04	9.2E+03	1.6E+02	4.8E+02	1.0E+02
Water resource depletion	m3 water eq	2.5E+01	2.4E+01	3.1E-03	4.1E-01	1.2E-02
Mineral, fossil & rene. resource depletion	kg Sb eq	3.7E-02	3.1E-02	2.5E-03	3.0E-03	1.0E-03