



Karl-Franzens-Universität Graz
Umwelt-, Regional und Bildungswissenschaftliche
Fakultät



ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN ERZEUGNISSEN DURCH DEN SUSTAINABLE PROCESS INDEX



DIPLOMARBEIT

Abschlussarbeit zur Erlangung
des akademischen Grades

eines Magisters der Naturwissenschaften

des Individuellen Diplomstudiums Geographie

B 057 452

an der Umwelt-, Regional- und Bildungswissenschaftlichen Fakultät
der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von

René KOLLMANN

Betreuung durch: **Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Narodoslawsky**
am Institut für Prozess- und Partikeltechnik
an der Technischen Universität Graz

Graz, 2014

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, September 2014

René Kollmann

Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, September 2014

René Kollmann

Danksagung

Für die wunderbare Zeit und die Ermöglichung meines Studiums,
in dem ich viele Dinge, die ein Leben zu bieten hat, erlebte,
möchte ich meiner Familie und
im Speziellen meiner Mama danken.

Dankbar bin ich für das liebevolle Arbeitsklima in der Projektgruppe
Prozessbewertung und für die kompetente Betreuung durch
Professor Michael Narodoslowsky.

Meinen Freunden und Kollegen,
Silvia, Barbara, Tsai-Ju, Bokhena, Stephan, Khurram und Michael,
ohne die die ökologische Bewertung und
somit schlussendlich diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre,
bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Weiters gilt mein Dank den hilfreichen Auskünften der Mitarbeiter
der Landwirtschaftskammer, sowie der Bio Ernte Steiermark,
hier im Speziellen Ing. Martin Gosch.

Dass die Arbeit in klarer, verständlicher Form vorliegt,
ist nicht zuletzt auch den Korrekturlesern
Melanie, Leo und Melissa zu verdanken,
die mir mit konstruktiven Rückmeldungen
hilfreich zur Seite gestanden sind.

Irgendwann kommen die meisten guten Zeiten,
wenngleich auch hinausgezögert,
zu ihrem Ende!

Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Thematik von Umweltauswirkungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme in Österreich. Es werden sowohl der Agrarsektor und die Lebensmittelindustrie in Österreich beschrieben, als auch die Entwicklung der konventionellen und biologischen Wirtschaftsweisen näher betrachtet. Ausgehend von der Problematik des Klimawandels und dessen Ursachen und Auswirkungen auf die Umwelt, werden landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Hilfe des Bewertungswerkzeuges SPionWeb ökologisch bewertet.

Da der ökologische Druck der Landwirtschaft stark an die Produktion gekoppelt ist, befasst sich diese Arbeit mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen und stellt als Ergebnisse ökologische Fußabdrücke einzelner Produkte dar. Produktspezifisch werden dabei einzelne Verursacher des ökologischen Druckes, insbesondere Düngung, Pflanzenschutz, Maschinenstunden und Energieverbrauch sowie die darin inkludierten Emissionen, dargelegt. Die Ergebnisse werden zur Interpretation herangezogen und geben einen Überblick, bei welchen der darin enthaltenen Prozessschritte angesetzt werden kann, um den ökologischen Fußabdruck der entsprechenden landwirtschaftlichen Produkte zu verkleinern. Die Emissionen im Sektor Landwirtschaft könnten dementsprechend weitgehend reduziert werden.

Im Praxisteil der Diplomarbeit werden weiters die Unterschiede des ökologischen Druckes von konventioneller und biologischer landwirtschaftlicher Erzeugung durch Berechnungen mittels Sustainable Process Index (SPI) dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass biologischer Landbau nicht nur erstrebenswert, sondern in den meisten Fällen auch ökologisch sinnvoll, folglich mit einem geringeren Fußabdruck verbunden, ist. Zusätzlich wird dargestellt, dass es unter gewissen Umständen auch zu einem geringeren ökologischen Fußabdruck in der konventionellen Anbauweise kommen kann. Die bewerteten Lebensmittel werden miteinander verglichen und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen sollen einen Anstoß hin zu einer nachhaltigeren Ernährungsweise geben.

Abstract

ECOLOGICAL EVALUATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS BY USE OF THE SUSTAINABLE PROCESS INDEX

This thesis examines the environmental impact of agricultural production systems in Austria. To that end, an insight into the agricultural sector and the food industry is given as well as a history of conventional and biological farming in Austria. Taking possible causes and consequences of climate change into consideration, agricultural products were ecologically evaluated using the ecological assessment tool SPInWeb.

As the highest ecological pressure in this sector is caused by the production of agricultural commodities, this thesis focuses on that area. The results show the ecological footprint of different types of products. Depending on the product, different factors that increase the ecological pressure, like fertilisers, pesticides, machine hours and energy use as well as the included emissions, were identified. The interpretation of the results points out where to intervene in order to reduce the ecological footprint within the agricultural production systems. Taking these results into account could help reduce the emissions of the agricultural sector.

The calculations using the Sustainable Process Index (SPI) methodology focus on the different ecological pressures of conventional and biological farming. In the majority of cases ecological farming produces a lower pressure. On the other hand, certain circumstances can lead to a lower ecological footprint in the conventional system. A comparison of the evaluated food products led to conclusions about how a more sustainable food consumption can be achieved.

Vorwort

Mit der Wahl des Studiums Umweltsystemwissenschaften und mit meinem gewählten Schwerpunkt Geographie, dauerte es nicht allzu lange, bis sich mein Interessenschwerpunkt auf das Thema Klimatologie konzentrierte. Ich absolvierte einige zur Thematik passende Lehrveranstaltungen, unter anderem ein Seminar über die Feinstaubproblematik im Raum Graz. Ich befasste mich bei mehreren Gelegenheiten mit der Entstehung, Verbreitung und Vermeidung von Schadstoffen. Es lag nahe sich in diesem Zusammenhang auch den (Erneuerbaren) Energieerzeugern und dem Energieverbrauch allgemein zuzuwenden. Nach dem Besuch einiger Lehrveranstaltungen an der Technischen Universität Graz, welche Erneuerbare Energien und Energieeffizienz zur Thematik hatten, bekam ich durch das Interdisziplinäre Praktikum „Theorie und Praxis der Erneuerbaren Energietechnologien“ einen Einblick in bereits bestehende Betriebe und Unternehmen.

Die Teilnahme an der interdisziplinären Winter and Summer School 2009 „The Future of Energy Systems in Austria and in Czech Republic“ in Prag und Graz sowie die Mitarbeit am Forschungsprojekt „Extending National Accounts: The Stock of Durable Consumer Goods“ am Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel festigten mein Wissen in diesen Thematiken. Auch außeruniversitäre Vorträge über Energiepolitik, Energieeffizienz und Erneuerbare Energien fanden bei mir immer ein offenes Ohr. Diese hohe Interdisziplinarität, das Interesse an Umweltfragen, Klimatologie und dem globalen Wandel zog sich somit wie ein roter Faden durch mein gesamtes Studium.

Da diese Thematiken nicht nur mein Interesse geweckt haben, sondern in den vergangenen Jahren auch immer größeres öffentliches Interesse und weltweite Diskussionen auslösen, will ich meine bisher erlangten Fachkenntnisse nutzen und im Laufe dieser Arbeit weiter ausbauen. Die Thematik des Klimawandels und Umweltschutzes haben in den letzten Jahren, durch die immer breitere und schnellere Verbreitung der (neuen) Medien, ein immer größeres Publikum erreicht.

Der Menschheit wird vor Augen geführt, dass unsere Gesellschaft vor einer entscheidenden Wende steht; nämlich dass sich das fossile Zeitalter, wenn auch nur langsam, aber sicher seinem Ende neigt.

Ob nun fossile Rohstoffe global gesehen weiterhin die Hauptenergiequelle der nahen Zukunft sein werden und die Diskussion über nukleare Energieerzeugung immer seine Gegner wie auch Befürworter haben wird, schlussendlich wird unsere Energieversorgung von erneuerbaren Ressourcen übernommen werden.

Die Bereitstellung der Energie, ob in solarer oder in biogener Form, ist jedoch immer an die Fläche unseres Planeten gebunden. Der Großteil der Fläche wird von der Landwirtschaft verwaltet, damit kommt der Landwirtschaft eine Schlüsselrolle in der neuen, nachfossilen Zeit zu (NARODOSLAWSKY M., 2007). Dies sind einige der Gründe, warum ich mich diesen Thematiken im Laufe meiner Arbeit genauer widmen will.

Gender-Hinweis

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit des Textes wurde entweder die männliche oder weibliche Form von Personen bezogenen Hauptwörtern gewählt.

Dies bedeutet keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG.....</u>	1
1.1	SIGNIFIKANZ	1
1.2	PROBLEMSTELLUNG.....	2
2	<u>HINTERGRÜNDE.....</u>	3
2.1	KLIMAWANDEL	3
2.2	URSACHEN DES KLIMAWANDELS.....	7
2.2.1	INTERNE WECHSELWIRKUNGEN	7
2.2.2	EXTERNE EINFLÜSSE	8
2.3	AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS.....	13
2.4	LANDWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE DER KLIMAÄNDERUNG	15
2.4.1	DIE LANDWIRTSCHAFT IN ÖSTERREICH.....	18
2.5	DIE ÖSTERREICHISCHE LEBENSMITTELINDUSTRIE.....	22
3	<u>VERSORGUNGSBILANZEN ÖSTERREICHS.....</u>	24
3.1	GETREIDE	25
3.2	OBST.....	26
3.3	GEMÜSE	27
3.4	FLEISCH	28
3.5	MILCHPRODUKTE	30
4	<u>METHODIK</u>	32
4.1	LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	32
4.2	ÖKOLOGISCHER FUßABDRUCK.....	33
4.3	SUSTAINABLE PROCESS INDEX – SPI.....	35
4.4	SPIONWEB	41
4.5	FUßABDRUCKSALLOKATION BEI PROZESSEN MIT	47
	SEKUNDÄRPRODUKTEN	47
5	<u>ANALYSE DER DATENGRUNDLAGEN</u>	48

5.1	DATENQUELLEN DER VERSCHIEDENEN PRODUKTE	49
6	<u>SYSTEMGRENZEN DER PRODUKTPROZESSE</u>	53
6.1	PFLANZLICHE PRODUKTE	53
6.1.1	DÜNGEMITTEL	53
6.1.2	PFLANZENSCHUTZ	54
6.1.3	MASCHINENEINSATZ.....	55
6.1.4	SAMEN.....	55
6.1.5	TROCKNUNG.....	55
6.2	TIERISCHE PRODUKTE	56
6.2.1	FUTTERMITTEL.....	56
6.2.2	ENERGIE	56
6.2.3	JUNGTIER.....	56
6.2.4	SCHLACHTGEWICHT	56
7	<u>VERGLEICH DER LEBENSMITTEL INNERHALB IHRER GRUPPE</u>	57
7.1	GETREIDE	57
7.2	OBST.....	59
7.3	GEMÜSE	61
7.3.1	EINFLUSS VERSCHIEDENER ANBAUVARIANTEN BEI DER GEMÜSEPRODUKTION	64
7.4	FLEISCH	66
7.5	MILCHPRODUKTE	68
8	<u>VERGLEICH DER ERGEBNISSE.....</u>	70
9	<u>ESSEN (K)EINE KLIMASÜNDE? GLOBALE SOWIE REGIONALE HERAUSFORDERUNGEN UND DEREN LÖSUNGSANSÄTZE.....</u>	76
10	<u>RESÜMEE.....</u>	83
11	<u>AUSBLICK.....</u>	85
12	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	86
13	<u>ANHANG.....</u>	96

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Beobachtete Änderungen der mittleren globalen Erdoberflächen- temperatur; des mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs aus Pegelmessungen und Satellitendaten und der nordhemisphärischen Schneebedeckung im März und April	5
Abb. 2	Globale mittlere Lufttemperaturänderung 1861 bis 1990 und zukünftige Szenarien 2000 bis 2100.....	6
Abb. 3	CO ₂ -Konzentration 1850 - 2000 und zukünftige Szenarien 2001 - 2100 ..	6
Abb. 4	Schematische Darstellung des Klimasystems	8
Abb. 5	Entwicklung der atmosphärischen Konzentration wichtiger Treibhausgase während der letzten 2000 Jahre	9
Abb. 6	Der globale Wandel.....	11
Abb. 7	Klima bedingte Konfliktpotentiale.....	12
Abb. 8	Gesamter Energieverbrauch in 10 Kilokalorien pro Person und Tag für unterschiedliche Gesellschaften.....	13
Abb. 9	Kyoto-Ziele der EU-15-Mitgliedstaaten und Abweichungen 2007	16
Abb. 10	Anteil der Sektoren an den nationalen THG-Emissionen 2008 und Änderung der Emissionen in den Sektoren zwischen 1990 und 2008...	17
Abb. 11	Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Vergleich mit dem landwirtschaftlichen Produktionswert 2000 bis 2012	18
Abb. 12	Produktionswert der Landwirtschaft 2012.....	19
Abb. 13	Anzahl der Betriebe laut INVEKOS 2001 bis 2010 + Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche laut INVEKOS 2001 bis 2010	20
Abb. 14	Entwicklung der Biobetriebe in Österreich 1970 bis 2012	21
Abb. 15	Landwirtschaftliche Betriebsflächen in ha/Betrieb	22
Abb. 16	Anteil von Lebensmitteln und alkoholfreien Getränken an der Verbrauchsausgaben insgesamt.....	23
Abb. 17	Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Getreide , 1994/95 bis 2011/12.....	25
Abb. 18	Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Obst, 1994/95 bis 2011/12.....	26

Abb. 19	Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Gemüse, 1994/95 bis 2011/12	28
Abb. 20	Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Fleisch, 1994 bis 2012	29
Abb. 21	Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für Konsummilch 1994 bis 2012	31
Abb. 22	Dienstleistung aus der Ökosphäre.....	34
Abb. 23	Graphische Darstellung der Berechnungsmethodik	37
Abb. 24	Beispiel Prozess aus SPionWeb	43
Abb. 25	Beispiel Prozess aus SPionWeb	44
Abb. 26	Prozessgraph des Beispielprozesses aus SPionWeb.....	46
Abb. 27	Vergleich der Getreide SPI´s [$m^2 \cdot a/kg$].....	57
Abb. 28	Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Weizenanbau.....	58
Abb. 29	Vergleich der Obst SPI´s [$m^2 \cdot a/kg$].....	59
Abb. 30	Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Apfelanbau	60
Abb. 31	Vergleich der Gemüse SPI [$m^2 \cdot a/kg$].....	61
Abb. 32	Subprozesse u. Mengen im konv. Paprikaanbaues aus SPionWeb.....	62
Abb. 33	Subprozesse u. Mengen im bio. Paprikaanbaues aus SPionWeb	63
Abb. 34	Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Paprikaanbau	64
Abb. 35	Vergleich der Fleischproduktion SPI [$m^2 \cdot a/kg$]	66
Abb. 36	Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse 1 kg Hühnerfleisch.....	67
Abb. 37	Vergleich der Fleischproduktion SPI´s [$m^2 \cdot a/kg$]	68
Abb. 38	Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse 1 kg Rohmilch.....	69
Abb. 39	Fußabdrücke aller Lebensmittelprozesse.....	71
Abb. 40	Vergleich durchschnittlicher Fleischkonsum - Vegetarier - Veganer.....	73
Abb. 41	Vergleich der Lebensmittelgruppen in kJ/kg	74
Abb. 42	Vergleich des SPI der Lebensmittelgruppen in $m^2 \cdot a/kJ$	75
Abb. 43	Österreichische Ernährungspyramide für gesunde Erwachsene.....	77
Abb. 44	Fußabdrucks Vergleich: Getreide und Fleisch, beides als konventioneller und biologischer Prozess [$m^2 \cdot a/kJ$]	78
Abb. 45	Aufteilung Prozesse für 1 kg konventionellen Weizen; Aufteilung für 1 kg konventionelles Schwein	79
Abb. 46	Lebenszyklusemissionen des konventionellen Weizen Prozesses	79
Abb. 47	Lebenszyklusemissionen des konventionellen Schweine Prozesses....	80

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
%	Prozent
€	Euro
°C	Grad Celsius
a	Jahr
AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
bio.	biologisch
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
C	Kohlenstoff
CH₄	Methan
CO₂	Kohlenstoffdioxid
d.h.	das heißt
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
g	Gramm
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GWP	Global warming potential
ha	Hektar
INVEKOS	Integriertes Verwaltung- und Kontrollsystem
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule (1000 Joule)
konv	konventionell
kWh	Kilowattstunden
LCA	Life Cycle Assessment
m	Meter

m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
mm	Millimeter
N₂O	Distickstoffoxid
O₃	Ozon
PV	Photovoltaik
SO₂	Schwefeldioxid
SPI	Sustainable Process Index
t	Tonnen
THG	Treibhausgase
TU	Technische Universität Graz
u.a.	unter anderem
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WHO	World Health Organization
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Signifikanz

Es gibt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen vielem was wir Menschen tun, wie etwa dem Umgang mit Energie, speziell mit fossilen Brennstoffen, und den Treibhausgasemissionen, die in immer größeren Mengen in die Erdatmosphäre gelangen. Diese Treibhausgase absorbieren Energie und bewirken damit eine globale Erwärmung, die wir als Klimawandel erleben.

Eine der größten Herausforderungen der Menschheit ist es, dadurch verstärkte Klimaänderungen zu verhindern, an die sich Ökosysteme nicht anpassen können. Klimaänderungen sind von globaler Bedeutung und betreffen uns alle, direkt oder indirekt. (BOGNER T., 2005). Wir müssen uns daher in erster Linie überlegen, welche Ressourcen und vor allem wieviel man im Sinne der Suffizienz¹ nutzen sollte und diese dann möglichst effizient verwenden. Das wiederum würde die negativen Effekte auf die Umwelt verringern.

In dieser Arbeit wird im Speziellen auf die Umweltauswirkungen der österreichischen Landwirtschaft eingegangen. Mit Hilfe des ökologischen Bewertungswerkzeuges SPionWeb werden landwirtschaftliche Erzeugnisse ökologisch bewertet und miteinander verglichen. Darüber hinaus wird die konventionelle Landwirtschaft der biologischen Wirtschaftsweise gegenübergestellt und die Vor- und Nachteile der beiden Produktionsarten dargestellt. Ein weiterer Anspruch ist es bewusstseinsbildend dem Konsumenten gegenüber zu wirken, denn er entscheidet selbst, wie viel es ihm Wert ist, den Wandel zu einer nachhaltigen Lebensweise auf der Erde voranzutreiben.

¹Der Begriff Suffizienz (von lat. *sufficere*, dt. ausreichen) steht in der Ökologie für das Bemühen um einen möglichst geringen Rohstoff- und Energieverbrauch. (de.wikipedia.org, 28.07.2014)

1.2 Problemstellung

→ *Wie groß ist der ökologische Druck von landwirtschaftlichen Produkten?*

Ziel der Arbeit ist es die Parameter, wie Energie- und Rohstoffbedarf, die verbrauchte Fläche und alle entstehenden Emissionen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen darzustellen. Dafür wird eine große Auswahl der in Österreich konsumierten Produkte ökologisch bewertet. Der ökologische Druck dieser Produkte auf unserem Planeten wird in einer aggregierten Maßeinheit, in diesem Fall [m²] dargestellt. Auf diese Weise ist es möglich, verschiedenste Produktionsarten, hier konventionelle und biologische Landwirtschaft, sowie andere Produkte und Dienstleistungen miteinander zu vergleichen. Die Hauptverursacher des Druckes können dadurch ebenfalls ermittelt werden, um Lösungsansätze zu erarbeiten und den bewerteten Prozess ökologisch zu optimieren oder auf ökologisch sinnvollere Alternativen auszuweichen. Dies wiederum würde den Druck auf unseren Planeten verringern und zu einer nachhaltigeren und somit klimafreundlichen Landwirtschaft führen.

→ *Muss Essen eine Umweltsünde sein?*

Des Weiteren soll in dieser Arbeit dem Konsumenten die Unterschiede zwischen konventioneller und biologischer Landwirtschaft näher gebracht werden. Es soll ihm ein Rüstzeug mitgegeben werden, um ähnliche anmutende Produkte kritisch betrachten zu können und eine ökologisch sinnvolle Kaufentscheidung zu treffen. Das Ziel ist es den Leser zu einem nachhaltigeren Lebensstil zu animieren, von Verzicht über vegane oder vegetarische Ernährung bis hin zum Konsum von geschmackvolleren klimafreundlicheren Lebensmitteln.

2 Hintergründe

2.1 Klimawandel

Die Erde ist 4,6 Milliarden Jahre alt, von denen wir das Klima knapp 4 Milliarden Jahre zurückverfolgen können. Jedoch sind die frühen Indizien nicht sehr ausführlich und erst mit Eisbohrungen ist es möglich geworden die Rekonstruktion von Jahrtausenden alter Klimate zu konkretisieren (MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNGS- GESELLSCHAFT, 2005).

Insbesondere die letzten 500 bis 1.000 Jahre sind durch historische Quellen belegt und mit der Entwicklung modernerer Instrumente liegen genaue Messdaten vor. Anhand dieser historischen Aufzeichnungen und Messungen gelangt man zu der Erkenntnis, dass das Klima schon immer variabel in Raum und Zeit ist. Allerdings gab es im Laufe der Erdgeschichte immer wieder Phasen mit relativ stabilem Klima. Die letzte stabile Phase ist nach dem Übergang von der Würmeiszeit zur derzeitigen Warmzeit (Holozän), in der wir uns seit ca. 10.000 Jahren befinden, eingetreten (MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNGS- GESELLSCHAFT, 2005).

Seit etwa 100 Jahren wirkt allerdings der Mensch massiv ein und beschleunigt so diese natürlichen Prozesse. Den wichtigsten anthropogenen Einfluss stellt der erhöhte Ausstoß von CO₂ in die Atmosphäre dar. Der Mensch tritt folglich immer intensiver als zusätzlicher Faktor des Klimawandels auf. Laut IPCC ist die **Temperatur** der Erdoberfläche im globalen Durchschnitt in den letzten 100 Jahren (1906 bis 2005) um rund 0,74 [0,56 bis 0,92] °C angestiegen (siehe Abb. 1). Die letzten Jahre gehören mitunter zu den wärmsten seit der instrumentellen Messung der globalen Erdoberflächentemperatur (seit 1850).

Wie aus Abb. 1 zu entnehmen ist, veränderte sich nicht nur die Temperatur, sondern auch der Meeresspiegel und die Schneebedeckung. Gemäß IPCC können bezüglich des globalen Meeresspiegels, der Gletscher, der Schneebedeckung und der Niederschlagsmengen folgende Aussagen gemacht werden (GMÜNDER S., 2012):

*“Der **mittlere globale Meeresspiegel** ist von 1961 bis 2003 mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 1.8 [1.3 bis 2.3] mm pro Jahr gestiegen. Die Geschwindigkeit war zwischen 1993 und 2003 mit ungefähr 3.1 [2.4 bis 3.8] mm pro Jahr größer. Es ist unklar, ob die größere Geschwindigkeit von 1993 und 2003 eine dekadische Schwankung oder eine Zunahme des langfristigen Trends widerspiegelt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hat die Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs vom 19. zum 20. Jahrhundert zugenommen. Der gesamte Anstieg im 20. Jahrhundert beträgt geschätzte 0.17 [0.12 bis 0.22] m“ (IPCC, 2007).*

*„**Gebirgsgletscher und Schneebedeckung** haben im Mittel in beiden Hemisphären abgenommen. Die weit verbreitete Abnahme der Gletscher und Eiskappen hat zum Meeresspiegelanstieg beigetragen (Eiskappen schließen die Beiträge der grönländischen und antarktischen Eisschilde nicht mit ein)“ (IPCC, 2007).*

Für die **Niederschlagsmengen** von vielen großräumigen Regionen sind langfristige Trends (1900 bis 2005) zu erkennen. Signifikante Niederschlagszunahmen wurden in östlichen Teilen von Nord- und Südamerika, im Norden Europas und in Nord- und Zentralasien beobachtet. Der Sahel, der Mittelmeerraum, das südliche Afrika und Teile von Südasien sind trockener geworden. Seit den 1970er Jahren nehmen tendenziell die Intensität und die Länge von Dürren in den Tropen und Subtropen zu (IPCC, 2007).

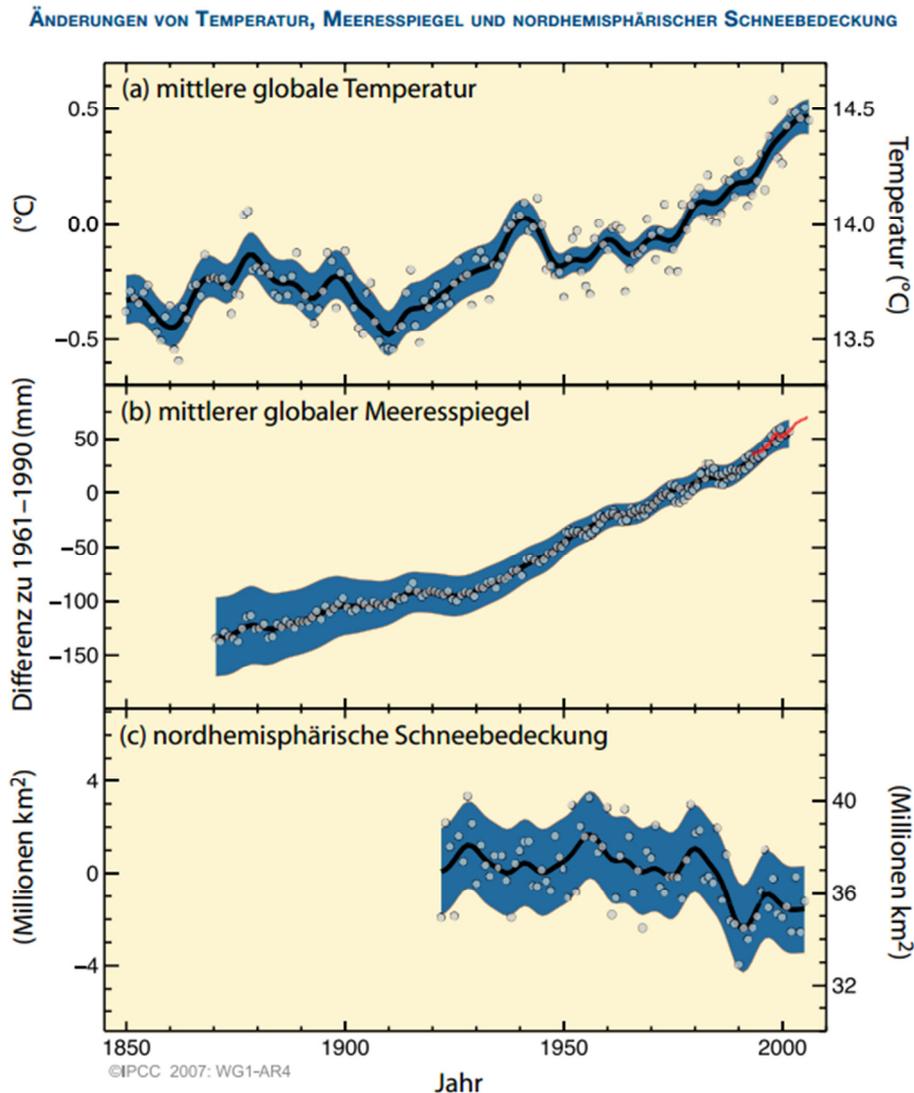


Abb. 1 Beobachtete Änderungen (a) der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur; (b) des mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs aus Pegelmessungen (blau) und Satellitendaten (rot) und (c) der nordhemisphärischen Schneebedeckung im März und April (IPCC, 2007)

Alle Änderungen beziehen sich auf das Mittel des Zeitraums 1961 bis 1990. Die geglätteten Kurven repräsentieren die über ein Jahrzehnt gemittelten Werte, während Kreise die Jahreswerte darstellen. Die schattierten Flächen zeigen die geschätzten Unsicherheitsbereiche aufgrund einer umfangreichen Analyse bekannter Unsicherheiten (a) und (b) und aus den Zeitreihen (c).

Zukünftige Temperaturprognosen sind in Abb. 2 zu sehen; die graue Kurve veranschaulicht den beobachteten Verlauf der globalen Mitteltemperatur. Abb. 3 stellt die Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen dar.

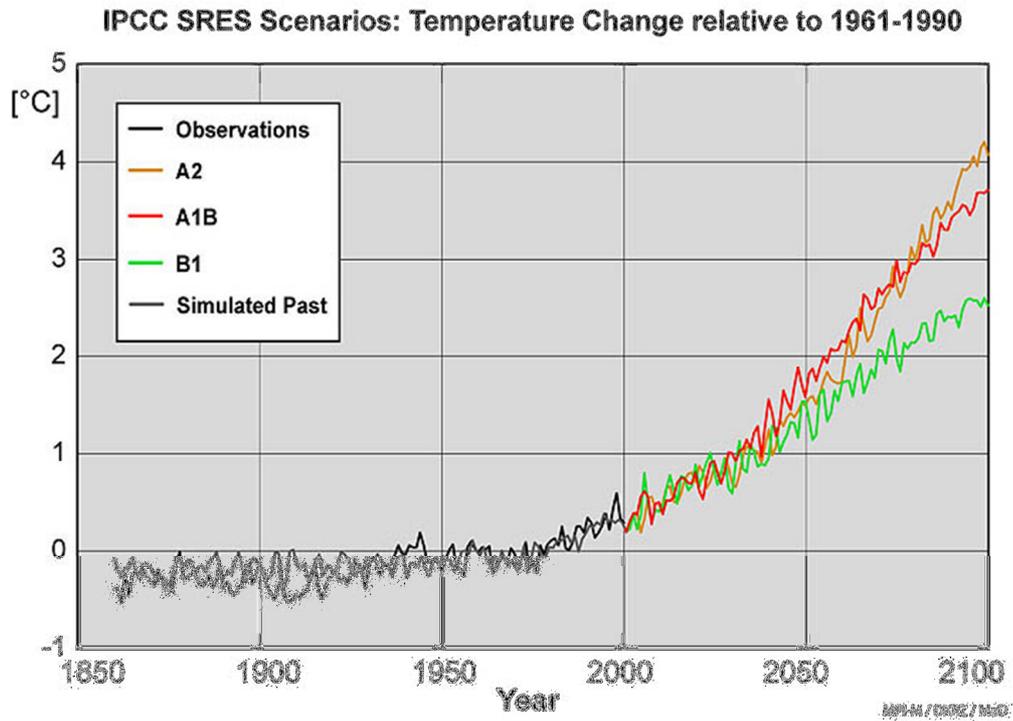


Abb. 2 Globale mittlere Lufttemperaturänderung 1861 bis 1990 und zukünftige Szenarien 2000 bis 2100 (DEUTSCHES KLIMARECHENZENTRUM, dkrz.de, 02.12.2013)

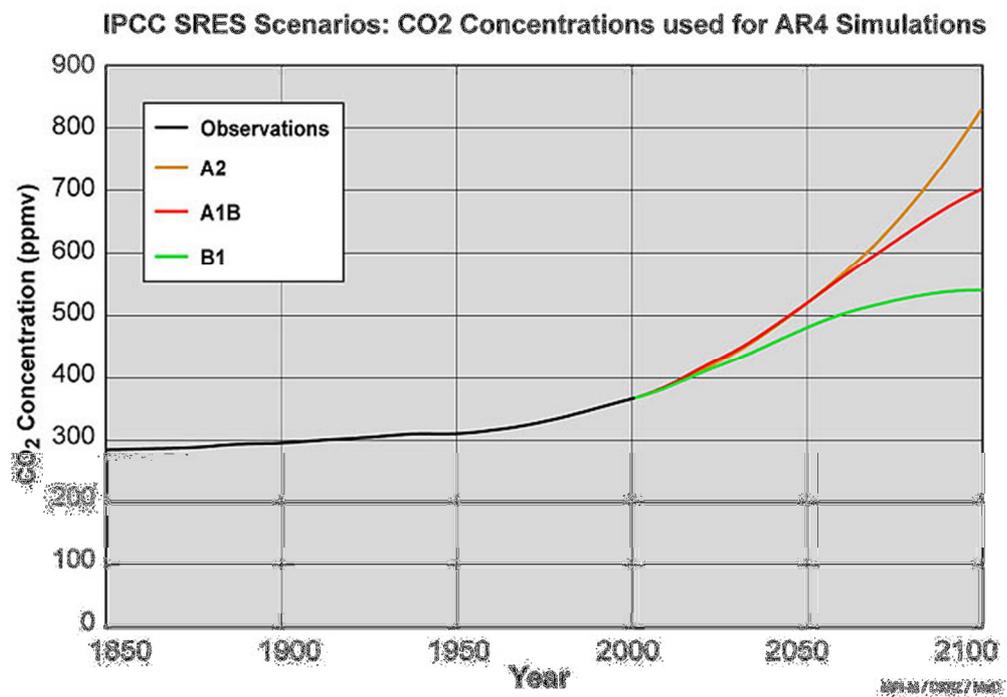


Abb. 3 CO₂-Konzentration 1850 bis 2000 und zukünftige Szenarien 2001 bis 2100 (DEUTSCHES KLIMARECHENZENTRUM, dkrz.de, 02.12.2013)

Das Szenario A2² ist der „worst case“, d.h. wenn die Emissionen in den nächsten 100 Jahren weiter ansteigen. Das Szenario B1³ zeigt, wie die Temperaturänderung verlaufen könnte, wenn weniger Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen.

2.2 Ursachen des Klimawandels

Nach SCHÖNWIESE C. D. (2003) sind grundsätzlich zwei Ursachen zu unterscheiden:

- die **internen Wechselwirkungen** im Klimasystem, speziell zwischen Atmosphäre und Ozean, wie auch innerhalb der Atmosphäre und weiteren Komponenten dieses Systems
- die **externen Einflüsse**, welche terrestrisch oder extraterrestrisch sind und stets durch interne Wechselwirkungen modifiziert werden

2.2.1 Interne Wechselwirkungen

Die internen Wechselwirkungen sind jene Wirkungen im komplexen Klimasystem zwischen Ozean, Eis, Land und Atmosphäre, die Klimaschwankungen auf Zeitskalen von Monaten bis Jahrtausenden bewirken, wie in Abb. 4 ersichtlich ist.

² Die Emissions-Szenarien des IPCC-Sonderberichtes über Emissions-Szenarien (SRES) A2. Die A2-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Das Grundthema ist Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten. Regionale Fruchtbarkeitsmuster konvergieren nur sehr langsam, was eine stetig zunehmende Bevölkerung zur Folge hat. Die wirtschaftliche Entwicklung ist vorwiegend regional orientiert und das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum und technologische Veränderungen sind bruchstückhafter und langsamer als in anderen Modellgeschichten (IPCC, 2007).

³ Die B1- Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt, mit der gleichen, Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung wie in der A1-Modellgeschichte, jedoch mit raschen Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen in Richtung einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs und Einführung von saubereren und ressourcen-effizienten Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit, einschließlich erhöhter sozialer Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimainitiativen. Für jede der **sechs Szenarien-Gruppen** A1B, A1FI, A1T, A2, B1 und B2 wurde ein illustratives Szenario gewählt. Alle sollten als gleich stichhaltig betrachtet werden. Die SRES-Szenarien beinhalten keine zusätzlichen Klimainitiativen, d.h. es sind keine Szenarien berücksichtigt, die ausdrücklich eine Umsetzung des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) oder den Emissionszielsetzungen des Kyoto-Protokolls annehmen (IPCC, 2007).

Als Beispiel ist das El-Niño-Phänomen, eine Atmosphäre-Ozean-Wechselwirkung, die sich in episodischen Erwärmungen der tropischen Ozeane äußert und die Nordatlantische Oszillation⁴ anführt, zu nennen.

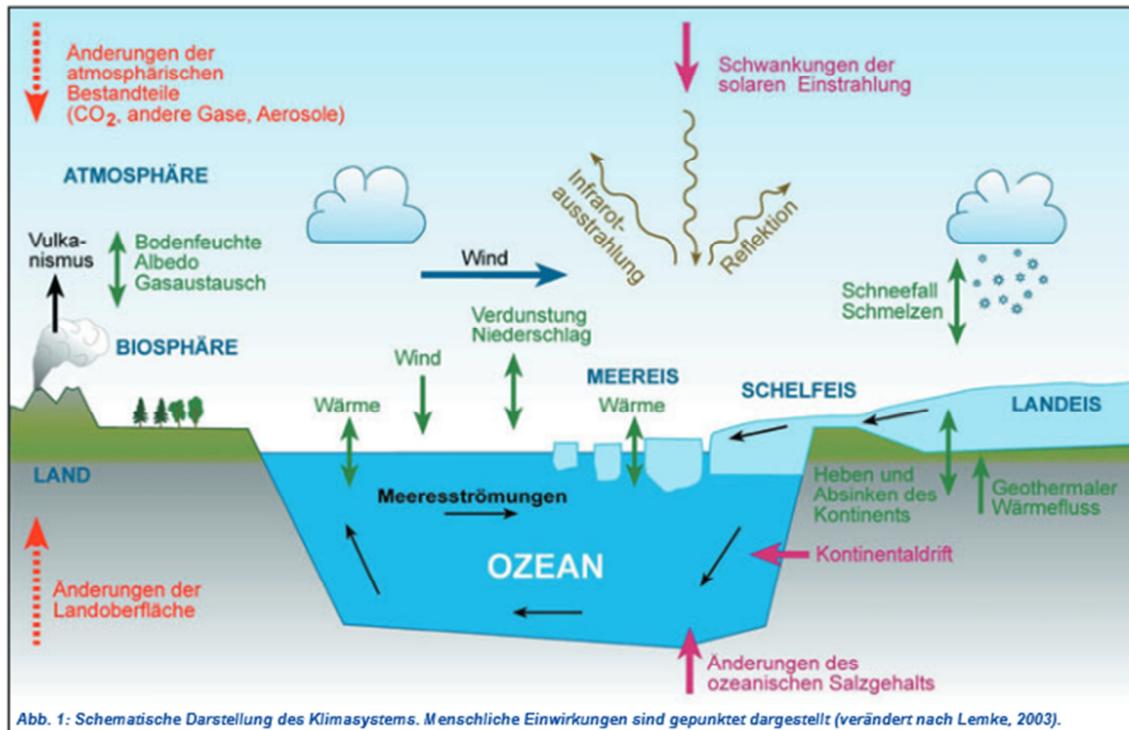


Abb. 4 Schematische Darstellung des Klimasystems (JACOBET J., 2007)

2.2.2 Externe Einflüsse

Die wichtigsten natürlichen externen Einflüsse sind der explosive Vulkanismus, der für wenige Jahre zu einer stratosphärischen Erwärmung und parallelen bodennahen Abkühlung führt, die solaren Aktivitätsschwankungen, welche zu unterschiedlicher Sonneneinstrahlung führen, die Variationen der astronomischen Erdbahnparameter und der Klimafaktor Mensch. Letzterer ist ab dem Industriezeitalter für die rasant gestiegenen Emissionen klimarelevanten Treibhausgase verantwortlich (Abb. 5).

⁴ Unter der Nordatlantischen Oszillation (NAO) versteht man in der Meteorologie die Schwankung des Druckverhältnisses zwischen dem Islandtief im Norden und dem Azorenhoch im Süden über dem Nordatlantik. Geprägt wurde dieser Begriff in den 1920er-Jahren von Sir Gilbert Walker (de.wikipedia.org, 04.08.2014).

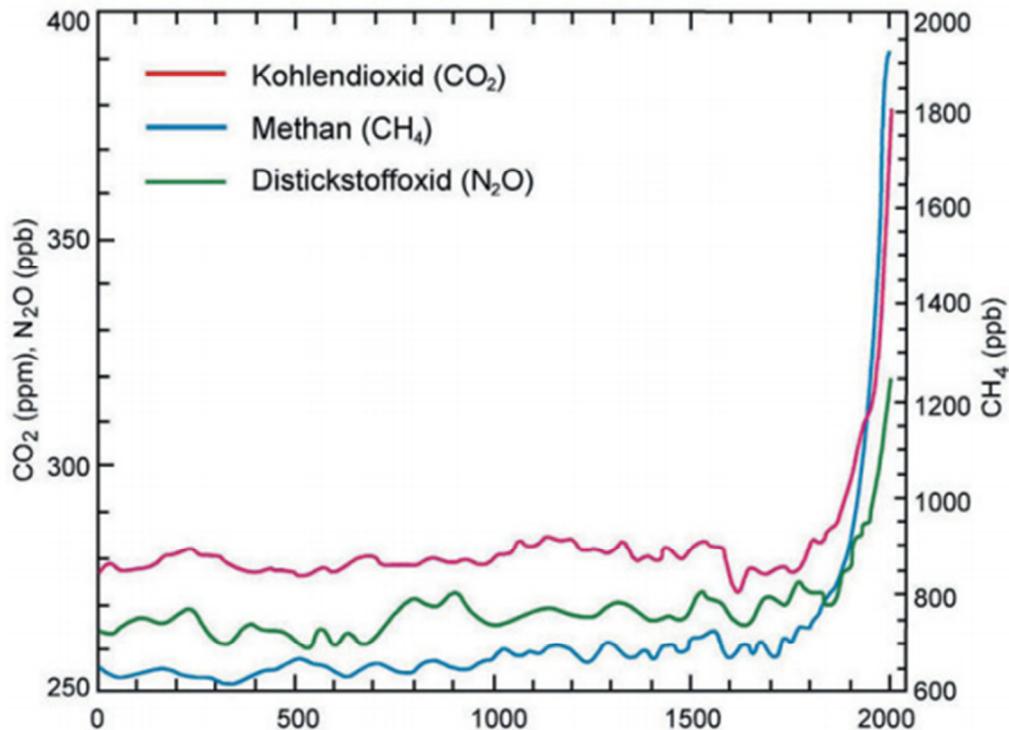


Abb. 5 Entwicklung der atmosphärischen Konzentration wichtiger Treibhausgase während der letzten 2000 Jahre (nach IPCC, 2007)

Doch nicht nur mit den Treibhausgasen trägt der Mensch zum beschleunigten Klimawandel bei, sondern auch mit Partikelemissionen und der Veränderung der Erdoberflächenbeschaffenheit, wie zum Beispiel Waldrodungen. Eine Folge dieser Änderungen ist das Artensterben der Tier- und Pflanzenwelt und eine damit verringerte Biodiversität, was sich auch auf den Agrarsektor auswirkt (Monokulturen). Aber auch die bereits genannten Rodungen der tropischen Regenwälder führen einerseits zu einer Verringerung der Artenvielfalt und zusätzlich zu einem erhöhten CO₂-Eintrag in die Atmosphäre, da die Wälder große CO₂-Speicher sind und durch die Abholzung das CO₂ freigesetzt wird.

Von einigen Wissenschaftlern wird jedoch der Ansatz verfolgt, dass nicht die oben behandelten trockenen Treibhausgase wie Kohlendioxid oder Methan, sondern der anthropogene Eingriff in das globale Wasserhaushaltssystem eine zentrale Rolle bei der Erwärmung unseres Planeten spielt. Zumal der Mensch, vor allem durch die Landwirtschaft und die Wasserwirtschaft, seit Beginn des 20. Jahrhunderts in das Kühlsystem der Erde eingegriffen hat.

Durch die Erhöhung der Wasserströme in die Böden (z.B. künstliche Bewässerung) wurde der Verlust an Nähr- und Mineralstoffen enorm beschleunigt (bis zum 100fachen). Außerdem wurde dadurch der kühlende Prozess der Verdunstung auf immer größer werdenden kontinentalen Flächen ausgeschaltet. Dies wiederum bewirkt zunehmenden Dürren. Diese und weitere Faktoren führen zu der Annahme, dass der Wasserdampf das vorgeordnete Klimagas ist (RIPL W., BERKING K., 2013). Um sich hierüber einen gewissenhafteren Überblick zu verschaffen wird auf RIPL W. & SCHEER H. (2007) „Memorandum zum Klimawandel“ verwiesen.

Unbestritten ist jedoch, dass sich alle Arten von Energienutzung mehr oder weniger stark auf die natürliche Umwelt auswirken. Die erneuerbare Energieerzeugung (Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft, Biomasse, Biogas oder Geothermie) hat gegenüber fossilen Brennstoffen (Öl und Kohle) geringe Auswirkung auf die Umwelt. Die Folgen der globalen Erwärmung sind bereits in vielen Teilen der Welt offensichtlich, speziell dort wo extreme Wetterbedingungen herrschen. Die Effekte sind deutlich sichtbar und in den Medien wird vermehrt von Katastrophen wie Dürre oder Überschwemmungen, extremer Hitze oder Frost, berichtet (BOGNER T., 2005), wie man seit Beginn dieses Jahrtausends zum Beispiel den Zeitungsschlagzeilen entnehmen kann. Zum Nachdenken anregen sollten Titel, wie: „Die Malediven sparen Geld für ihre neue Heimat“ - hier will der Präsident des Inselstaates irgendwo Land kaufen um dem drohenden Untergang zu entgehen.

Einen Überblick über wesentliche Problematiken, wie der Anstieg der Treibhausgase und der Temperatur, der daraus resultierende anthropogen verursachte Klimawandel, der steigende Verlust der Biodiversität, der Anstieg der kultivierten Landflächen und die dadurch verstärkte Desertifikation, sowie der Bevölkerungszuwachs im allgemeinen und die daraus entstehende Verteilungsproblematik, bieten die Diagramme in Abb. 6.

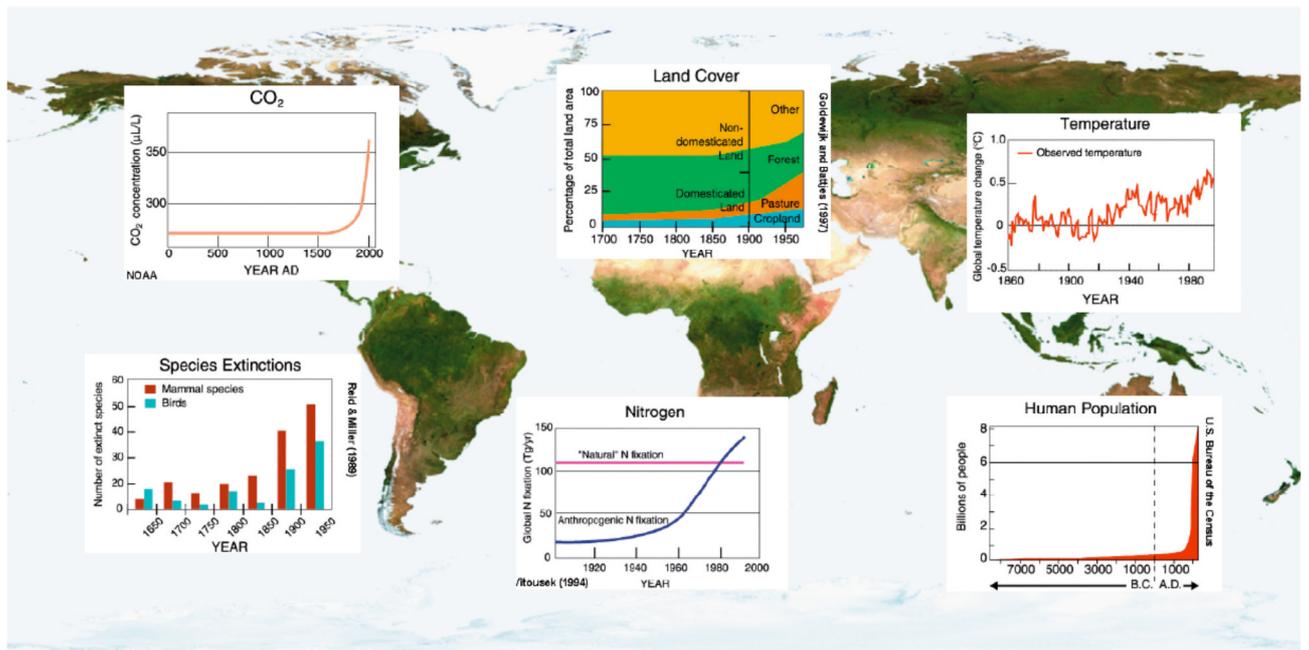


Abb. 6 Der globale Wandel, (STRASSER U., 2008)

Schon jetzt gibt es Regionen auf der Erde in denen die Auswirkungen des Klimawandels drastische Folgen aufweisen. Durch z.B. Süßwasserverknappung, Zunahmen von Wetterextrema wie Sturm- und Flutkatastrophen oder dem klimabedingten Rückgang der Nahrungsmittelproduktion kommt es in diesen Regionen zu Krisenherden und Migration in klimatisch begünstigtere Gebiete (Abb. 7).

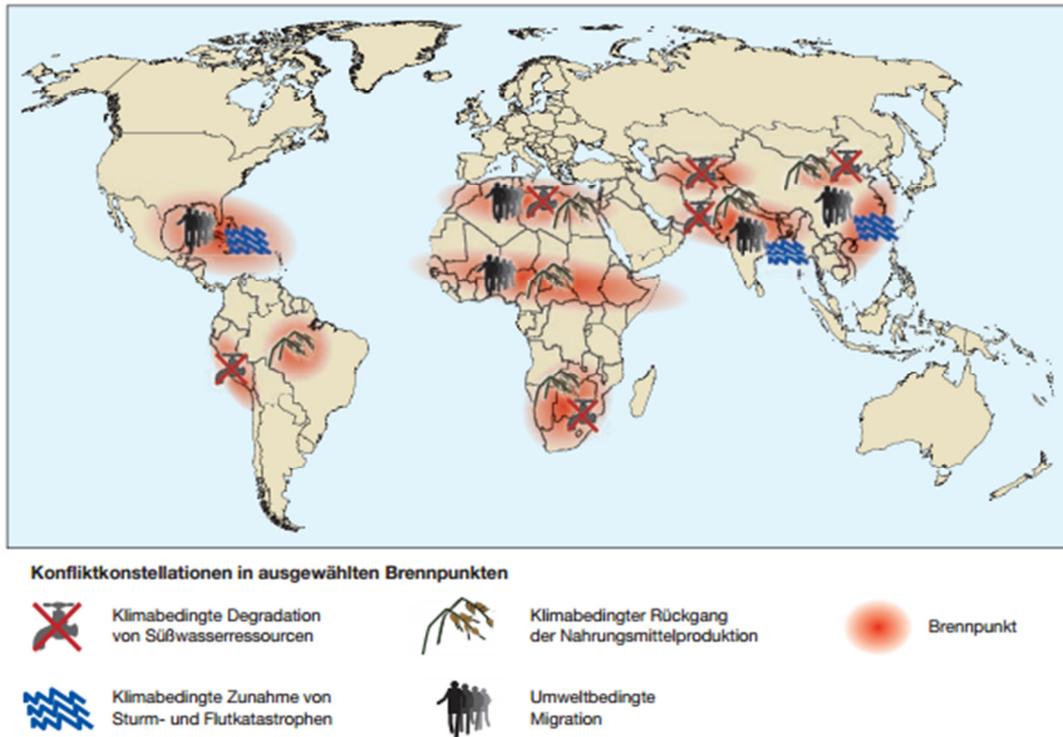


Abb. 7 Klima bedingte Konfliktpotentiale (WBGU Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, 2007)

Vor allem der exponentielle Anstieg des Energieverbrauchs in den Industriestaaten nach dem Zweiten Weltkrieg trägt zu nicht nachhaltigen Entwicklungsprozessen und einem unangepassten Umgang mit natürlichen Ressourcen bei. Dabei handelt es sich u.a. um die Zerstörung natürlicher Ökosysteme, landwirtschaftliche Übernutzung, Umweltprobleme durch großflächige Umgestaltung von Naturräumen, Umweltdegradation durch Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen und durch Verelendung in Städten durch unregelmäßige Urbanisierung, Degradation durch Deponierung von Abfällen. In Abb. 8 wird der Energieverbrauch einzelner Epochen, aufgeteilt in die größten Verbraucher, dargestellt.

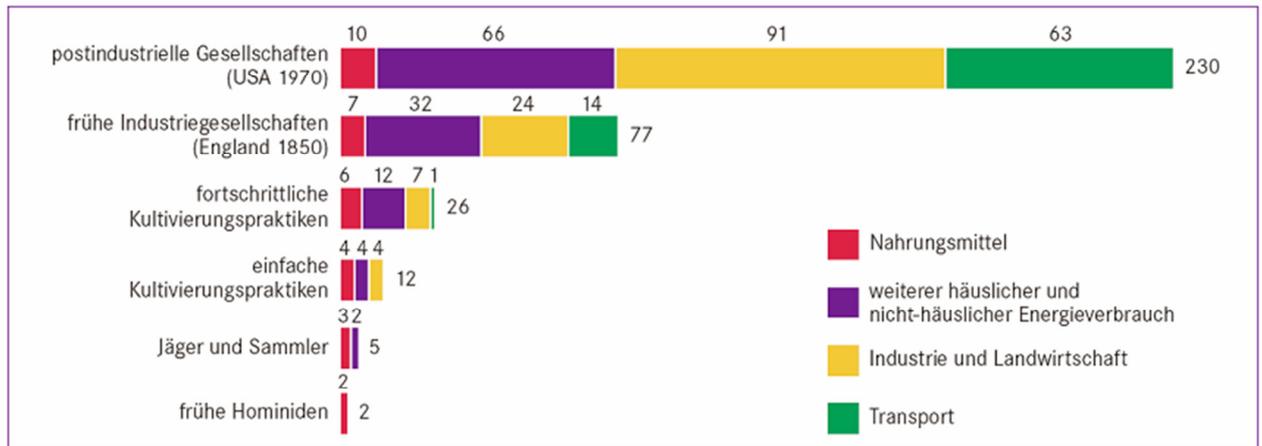


Abb. 8 Gesamter (Säulenlänge und Anteile oberhalb der Säulen) Energieverbrauch in 10 Kilokalorien pro Person und Tag für unterschiedliche Gesellschaften (GEBHARDT H. et al., 2007)

2.3 Auswirkungen des Klimawandels

Bei den Auswirkungen der Klimaänderung wird zwischen direkten und indirekten Folgen unterschieden.

Bei den **direkten Folgen** handelt es sich um unmittelbare Auswirkungen von Klima- und Wetteränderungen, wie Wetterextrema (z.B. extreme Kälte und Hitzewellen) und deren Folgen wie Stürme, Sturzfluten, Überschwemmungen, Dürren, Erdbeben oder Lawinenabgänge.

Indirekte Folgen des Klimawandels sind die Erschließung neuer Verbreitungsgebiete von Krankheitsüberträgern (z.B. Stechmücken, Nagetiere, Zecken) oder Infektionskrankheiten welche von klimatischen Bedingungen abhängig sind. Vor allem bei Erregern wie Bakterien, Viren, Parasiten und Pilzen spielt das Klima bei der Verbreitung von Zwischenwirten und dem Auftreten von wasser- und nahrungsmittelübertragenen Infektionen eine entscheidende Rolle. Aber auch andere klimabedingte Umweltfaktoren wie Oberflächenwasser, Feuchtigkeit, Wind, Bodenfeuchte, Waldverbreitung usw. beeinflussen das Auftreten und die Populationsdynamik von Krankheitsüberträgern. Die wichtigsten Krankheitserreger und Überträger (Vektoren) sind Insekten (Stechmücken), Spinnentiere (Zecken) und Nagetiere (Ratten),

welche sich durch hohe Reproduktionsraten auszeichnen, wodurch sie in der Lage sind, sich rascher an veränderte Umweltbedingungen anzupassen (wiki.bildungserver.de/klimawandel, 15.01.2014). Zusätzlich belastend für den Menschen ist die verstärkte klimabedingte Luftverunreinigung in Ballungsgebieten und die nicht gesicherte Verfügbarkeit von sauberem Wasser und von Nahrungsmitteln, da die Landwirtschaft vom Klima abhängig ist.

Mit Wetterextrema, wie extreme Hitzewellen, welche durch starke Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen charakterisiert sind, geht häufig eine erhöhte Konzentration von bodennahem Ozon einher. Das Ozon wird dabei nicht direkt emittiert, sondern wird besonders bei starker Sonneneinstrahlung aus so genannten Vorläufersubstanzen gebildet. Bei den Vorläufersubstanzen handelt es sich um Stickoxide und leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, die sowohl natürlich sowie anthropogen emittiert werden. Während das stratosphärische Ozon einen Schutz vor schädlichen UV-Strahlen bildet, handelt es sich bei troposphärischem Ozon um einen Luftschadstoff, der die menschliche Gesundheit beeinträchtigt. Auf Grund seiner geringen Wasserlöslichkeit gelangt Ozon tief in die menschliche Lunge und kann dort zu akuten Schäden der Atemwege sowie des Lungengewebes und sogar zu schweren chronischen Atemwegserkrankungen führen. Eine Intensivierung von Hitzewellen wirkt sich also nicht nur durch die stärkere thermische Belastung, sondern auch durch häufiger und stärker erhöhte Ozonkonzentrationen in Bodennähe, negativ auf die menschliche Gesundheit aus (wiki.bildungserver.de/klimawandel, 15.01.2014).

Laut Schätzungen der WHO haben aktuell mehr als eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und bis zu vier Millionen sterben jährlich an Wasserknappheit sowie mangels geeigneter sanitären Einrichtungen. Kommt es nun zu höheren Temperaturen aufgrund des Klimawandels, so verändert sich der Wasserhaushalt und in Ländern mit schlechten sanitären Einrichtungen und eingeschränktem Zugang zu sauberem Wasser wird das Krankheits- und Infektionsrisiko erheblich erhöht. Durch das Abschmelzen der Inlandsgletscher, welche die derzeitige Wasserversorgung vieler Städte sichern, kann es zu erheblichen Versorgungengpässen kommen. Doch auch der vorhergesagte Meeresspiegelanstieg kann durch Versalzung des Grundwassers oder die eventuelle Überflutung von

Mülldeponien die Wasserqualität negativ beeinflussen (wiki.bildungsserver.de/klimawandel, 15.01.2014).

Ebenso wichtig wie Trinkwasser ist eine gesunde aber vor allem ausreichende Ernährung für den Menschen. Kommt es zu einem Mangel an Nahrung oder einer falschen Ernährung führt dies zu Unterernährung, welche die Hauptursache des Kindersterbens wie auch der physischen und psychischen Unterentwicklung in der Kindheit und Schwächung der kindlichen Immunabwehr ist. Laut Schätzungen der Organisation BREAD FOR THE WORLD sind weltweit 925 Millionen Menschen unterernährt, andere Quellen wie die FAO geht weltweit von 790 Millionen Menschen aus, die ohne ausreichende Nahrung (vor allem in Afrika) leben müssen (www.bread.org/, 15.01.2014).

Aufgrund der steigenden Temperaturen, der Änderung der Bodenfeuchte, der Verschiebung der Verteilungsmuster von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten und der Verschiebung der Klimazonen, ist vor allem die landwirtschaftliche Produktion betroffen (insbesondere der Getreideanbau). Da dieser Produktionsrückgang vorwiegend in Gebieten stattfinden wird, in denen ohnehin schon eine schlechte Ernährungsgrundlage vorhanden ist, ist davon auszugehen, dass vor allem tropische und subtropische Länder mit Hunger und Fehlernährung zu kämpfen haben werden. Zusätzlich wird die Landwirtschaft durch die vom Klimawandel verursachten Extremereignisse und dessen Einfluss auf verschiedene Pflanzenkrankheiten beeinflusst.

2.4 Landwirtschaftliche Aspekte der Klimaänderung

Die Landwirtschaft ist sowohl Verursacher als auch Betroffener einer Klimaänderung. Global betrachtet stammen ca. 25 % der Treibhausgasemissionen aus der Land- und Forstwirtschaft. Industrie, Energieversorgung und Transport verursachen im Vergleich dazu gemeinsam ca. 60 % der weltweiten Emissionen (BIO AUSTRIA, 2009). Mit dem Ziel des EU Klima- und Energiepaktes die Treibhausgase bis 2020

gegenüber dem Basisjahr 2005 um 20 % zu reduzieren, steht auch Österreich eine große Herausforderung bevor. Insbesondere wenn man sich das Verfehlen der Kyoto-Ziele⁵ Österreichs in Erinnerung ruft. Statt 13 % der THG einzusparen, haben die THG in Österreich sogar um 24 % zugenommen. Zu Illustration siehe nachfolgende Abb. 9.

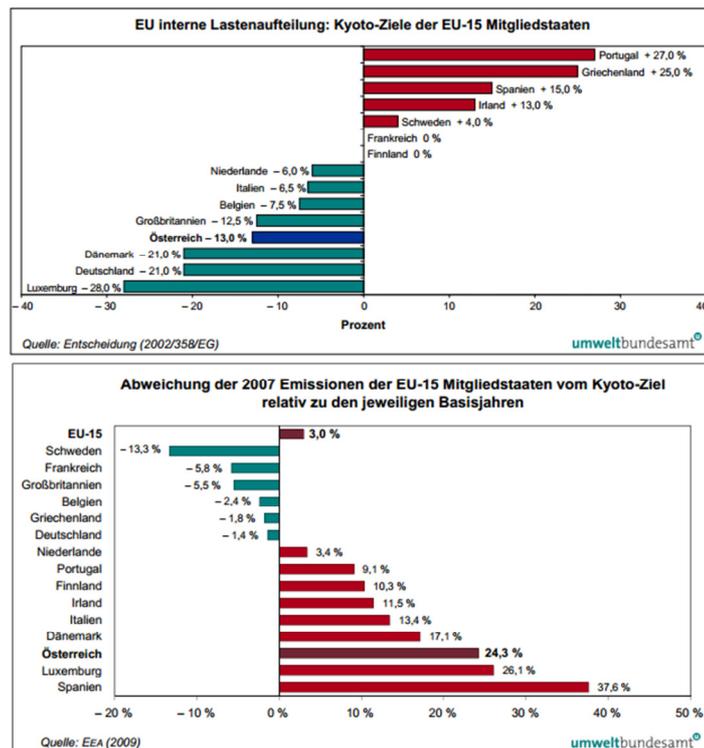


Abb. 9 Kyoto-Ziele der EU-15-Mitgliedstaaten und Abweichungen davon im Jahr 2007, relativ zu den jeweiligen Basisjahren (UMWELTBUNDESAMT, 2010)

Wenngleich national, auf Österreich bezogen, die Landwirtschaft „nur“ knapp 9 % der gesamten Treibhausgasemissionen ausmacht und die Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2008 sogar leicht rückläufig ist, ist dies im Wesentlichen auf den sinkenden Viehbestand (vor allem bei den Rindern) und auch auf den im Vergleich zu 1990 verminderten Mineraldüngerabsatz zurückzuführen.

⁵ Das Kyoto-Protokoll (benannt nach dem Ort der Konferenz Kyōto in Japan) ist ein am 11. Dezember 1997 beschlossenes Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) mit dem Ziel des Klimaschutzes. Das am 16. Februar 2005 in Kraft getretene Abkommen legt erstmals völkerrechtlich verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen in den Industrieländern fest, welche die hauptsächliche Ursache der globalen Erwärmung sind. Bis Anfang Dezember 2011 haben 191 Staaten sowie die Europäische Union das Kyoto-Protokoll ratifiziert. Die USA sind dem Protokoll nie beigetreten, und Kanada hat am 13. Dezember 2011 seinen Ausstieg aus dem Abkommen bekannt gegeben. Das Protokoll sieht vor, den jährlichen Treibhausgas-Ausstoß der Industrieländer innerhalb der sogenannten ersten Verpflichtungsperiode (2008–2012) um durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren (de.wikipedia.org, 13.01.2013).

In Abb. 10 erkennt man, dass die Emissionen 2008 um 0,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente⁶ immer noch über dem Kyoto-Ziel lagen (UMWELTBUNDESAMT, 2010).

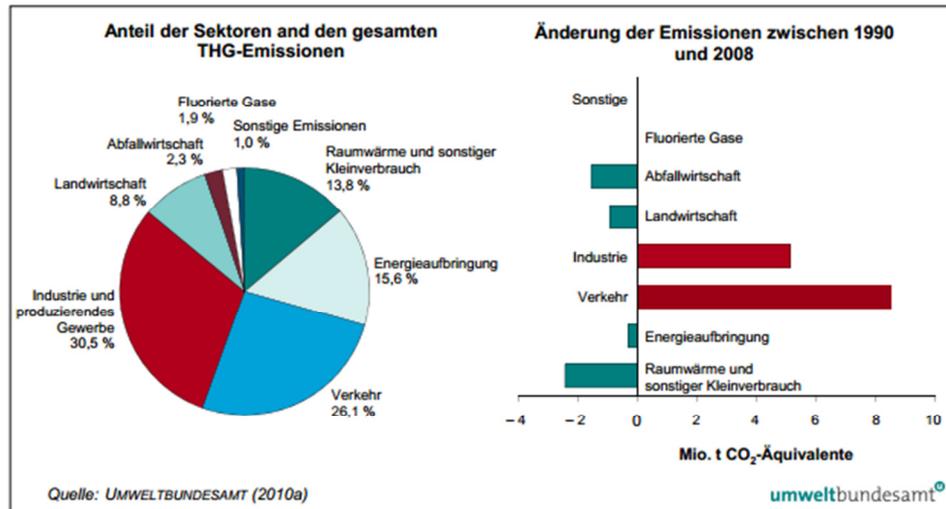


Abb. 10 Anteil der Sektoren an den nationalen THG-Emissionen 2008 und Änderung der Emissionen in den Sektoren zwischen 1990 und 2008 (UMWELTBUNDESAMT, 2010)

Derzeit ist die Landwirtschaft eher ein Teil des Problems als Teil der Lösung. Da die Emissionen der Landwirtschaft stark an die Produktion gekoppelt sind, befasst sich diese Arbeit mit den landwirtschaftlichen Erzeugnissen und stellt als Ergebnisse den ökologischen Fußabdruck einzelner Produkte mittels des Bewertungswerkzeuges SPionWeb dar. Produktspezifisch werden dabei die einzelnen Verursacher des ökologischen Fußabdruckes, insbesondere Düngung, Pflanzenschutz, Maschinenstunden und elektrische Energie und die darin inkludierten Emissionen dargestellt. Diese Ergebnisse können zur Interpretation herangezogen werden und geben einen Überblick, bei welchen der darin enthaltenen Prozessschritte jeweils am stärksten angesetzt werden muss, um den ökologischen Fußabdruck einzelner landwirtschaftlicher Produkte ausreichend verkleinern zu können. Die Emissionen im Sektor Landwirtschaft könnten so minimiert werden.

⁶ Das (relative) Treibhauspotential (auch Treibhauspotenzial; englisch Global warming potential, greenhouse warming potential oder GWP) oder CO₂-Äquivalent einer chemischen Verbindung ist eine Maßzahl für den relativen Effekt des Beitrags zum Treibhauseffekt. Sie gibt also an, wie viel eine festgelegte Masse eines Treibhausgases zur globalen Erwärmung beiträgt. Als Vergleichswert dient Kohlenstoffdioxid; die Abkürzung lautet CO₂e (für äquivalent). Der Wert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum; oft werden 100 Jahre betrachtet (de.wikipedia.org, 13.01.2013).

2.4.1 Die Landwirtschaft in Österreich

Aufgabe der Landwirtschaft ist die Produktion von Nahrung, Futter, nachwachsenden Rohstoffen und die Erhaltung der Kulturlandschaft (Landschaftspflege) (austria-forum.org, 10.12.2013). Vor rund 150 Jahren war Österreich noch ein Agrarland, in dem 75 % der Bevölkerung dem Bauernstand angehörten; Anfang der 1960er waren es nur noch rund 16 %. 1992 stellte die Landwirtschaft 6,9 % der Berufstätigen, 2010 waren dies nur noch 5,2 % (de.wikipedia.org, 10.12.2013). Der Anteil der Land- und Forstwirtschaft am Bruttonationalprodukt sank von 16,4 % (1954) auf 9,7 % (1963) und 2,4 % (1993) (austria-forum.org, 10.12.2013) bis hin zu nur noch 1,5 % (2009) (de.wikipedia.org, 10.12.2013).

Um die steigenden Nahrungsansprüche zu befriedigen und den laufenden Verlust an landwirtschaftlicher Produktionsfläche (durch Straßen-, Wohnhaus-, Gewerbe- und Industrieanlagenbau geht täglich landwirtschaftliche Nutzfläche verloren) auszugleichen, musste sowohl die Flächenproduktivität wie auch die Arbeitsproduktivität stark zunehmen. Die Steigerung erfolgte durch Meliorationen (Grundstückszusammenlegungen, Drainagen, Bau von Güterwegen, Seilbahnen usw.), durch Mineraldünger, durch wirksamere Schädlingsbekämpfung und durch den Einsatz ertragreicher Sorten. Darüber hinaus wurde verbessertes Saatgut verwendet und die Fruchtfolge optimiert, die Fütterungs- und Arbeitsmethoden modernisiert und die termingerechte und exakte Bodenbearbeitung forciert. Eine wesentliche Produktionssteigerung brachte die stetige Mechanisierung (austria-forum.org, 10.12.2013).

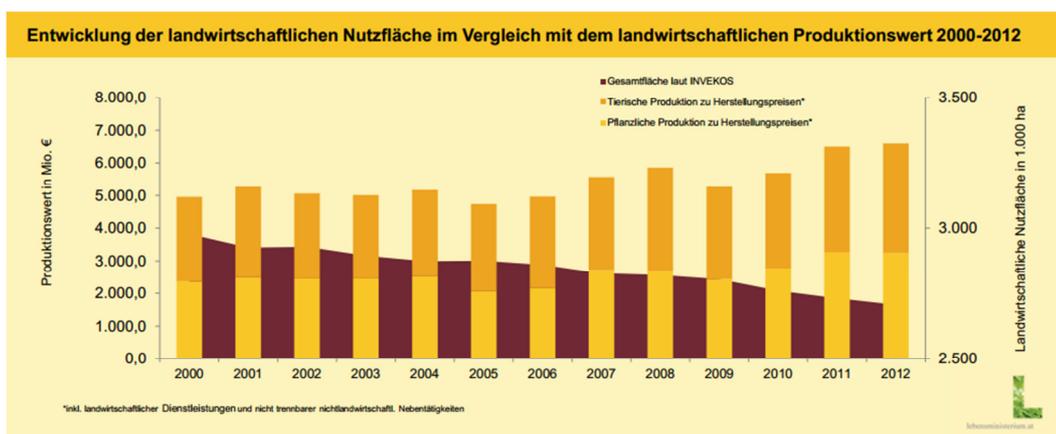


Abb. 11 Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Vergleich mit dem landwirtschaftlichen Produktionswert 2000 bis 2012 (LEBENS MINISTERIUM 2011/2013)

In Abb. 11 wird diese Problematik der immer größer werdenden Kluft zwischen sinkender Produktionsfläche und steigenden Produktionswerten⁷ grafisch dargestellt. Dies drängt viele Erzeuger landwirtschaftlicher Produkte zu den oben genannten Maßnahmen.

Wie man aus Abb. 12 entnehmen kann, ergibt sich der Großteil des landwirtschaftlichen Produktionswertes aus der pflanzlichen (44,4 %) und tierischen (46,1 %) Erzeugung. Innerhalb der Produktkategorien verteilt sich der Produktionswert mit rund einem Zehntel auf die Produktion von landwirtschaftlichen Dienstleistungen und Nebentätigkeiten. Darunter versteht man zum Beispiel Transport und Maschinenleistungen. Die Erträge aus der Direktvermarktung und Gästebewerbergung werden unter dem Begriff landwirtschaftliche Nebentätigkeiten (9,6 %) zusammengefasst (LEBENSMINISTERIUM, 2012).



Abb. 12 Produktionswert der Landwirtschaft 2012 (LEBENSMINISTERIUM, 2013)

⁷ „Der **Produktionswert** ist der Wert aller Güter die im Rechnungszeitraum produziert werden. Dieser berechnet sich aus Mengen- und Preiskomponenten und beinhaltet die produzierten Waren und Dienstleistungen für den Markt, aber auch für die Eigenverwendung hergestellt werden. Falls nicht anderes angegeben bezieht sich der Produktionswert auf die Herstellungspreise. Das bedeutet, dass neben den Erzeugerpreisen die Gütersubvention abzüglich der Gütersteuern berücksichtigt wird. Der Produktionswert ist auf gesplittet in Produktunterkategorien und lässt sich anteilmäßig auf die einzelnen Bundesländer verteilen.“ (LEBENSMINISTERIUM, 2012)

2010 wurde nach zehn Jahren von der Statistik Austria wieder eine Vollerhebung der Agrarstruktur⁸ durchgeführt. Daraus ergibt sich, dass, wenn man die Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung von 2010 mit 1999 vergleicht, die land- und forstwirtschaftliche Betriebsanzahl um 44.191 Betriebe (-20,3 %) und die landwirtschaftliche Nutzfläche um 510.010 ha (-15,0 %) zurückgegangen sind. Anhand dieser Daten ist ein Trend in Richtung größerer Betriebe augenscheinlich da die Anzahl der Betriebe stärker abnimmt als die bewirtschaftete Fläche. Trotzdem ist die österreichische Landwirtschaft im EU-Vergleich klein strukturiert (LEBENS MINISTERIUM, 2013).

Die biologische Landwirtschaft folgt hingegen einem positiven Trend, obgleich die Anzahl der Biobetriebe diverse Schwankungen aufzeigt, ist biologische landwirtschaftliche Nutzfläche stetig steigend und beträgt mittlerweile knapp 20 % der landwirtschaftlich genutzten Gesamtfläche, wie man der Abb. 13 entnehmen kann.

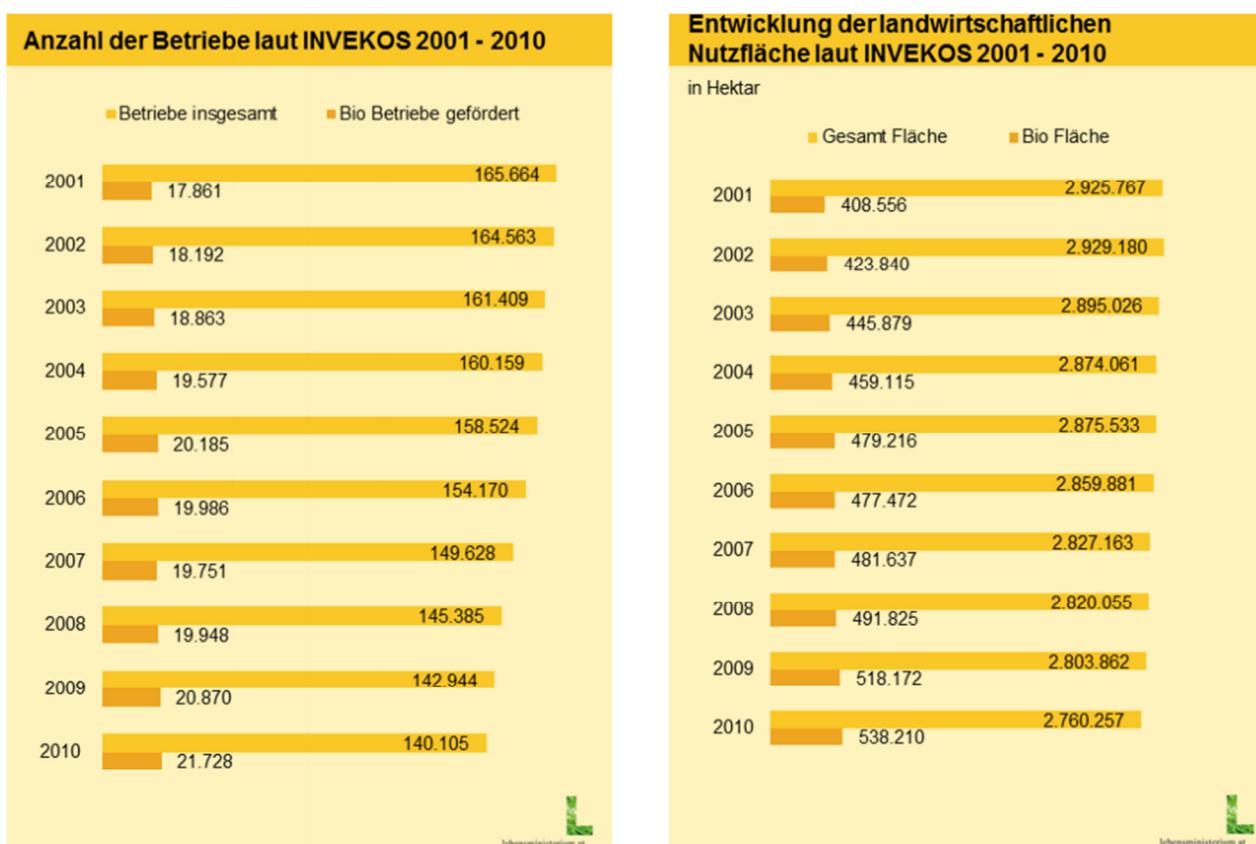


Abb. 13 Anzahl der Betriebe laut INVEKOS⁹ 2001 bis 2010 + Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche laut INVEKOS 2001 bis 2010 (LEBENS MINISTERIUM, 2011)

⁸ Der Begriff Agrarstruktur bezeichnet die strukturellen Grundlagen der landwirtschaftlichen Produktion und der Lebensbedingungen im Agrarsektor (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und verwandte Wirtschaftszweige). (de.wikipedia.org, 12.12.2013)

⁹ INVEKOS (Integriertes Verwaltung- und Kontrollsystem) ist ein durch die EU schrittweise eingeführtes System zur Durchsetzung einer einheitlichen Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) in den EU-Mitgliedstaaten (lebensministerium.at, 12.12.2013).

Auf die Unterschiede zwischen konventionellem und ökologischem Anbau wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit im Zuge der Ergebnisdarstellung noch genauer eingegangen. Um die Relevanz der Biobetriebe in Österreich hervorzuheben, kann man in Abb. 14 die langjährige Entwicklung vom rasanten Anstieg Anfang der 1990er Jahre bis hin zur scheinbaren Stagnation der Gegenwart nachvollziehen.

Nicht außer Acht lassen darf man, dass in den letzten 20 Jahren ein extremer Strukturwandel stattgefunden hat. Die Betriebszahlen haben sich in einigen Gebieten fast halbiert, d.h. relativ betrachtet (im Verhältnis zur Gesamtbetriebszahl), ist auch in den letzten 15 Jahren der Biolandbau stetig gewachsen.

Entwicklung der Bio-Betriebe in Österreich 1970 - 2012

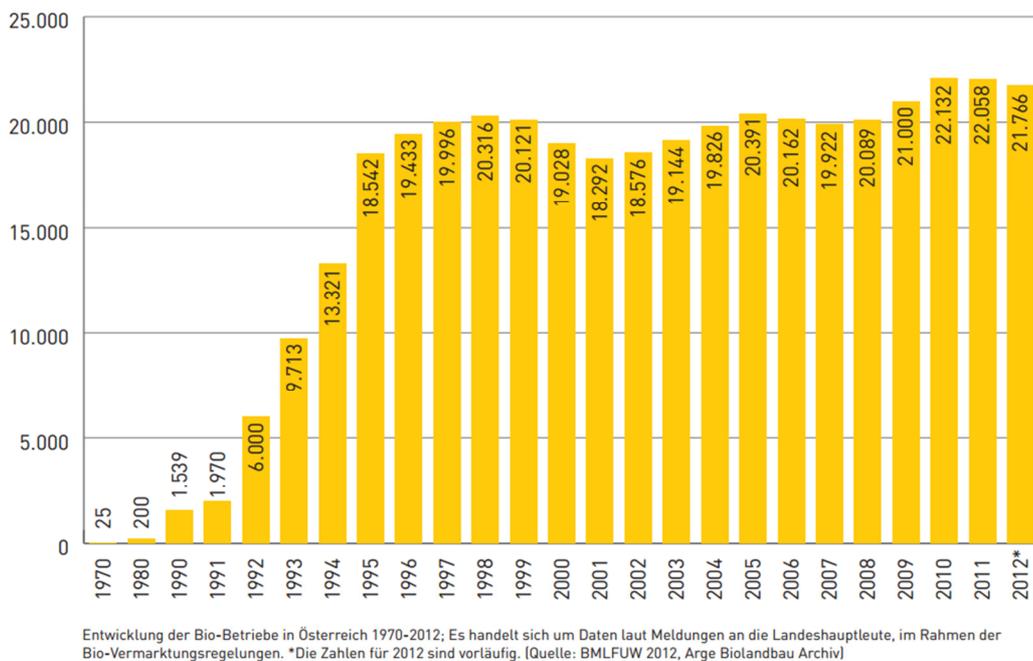


Abb. 14 Entwicklung der Biobetriebe in Österreich 1970 bis 2012 (bio-austria.at, 13.12.2013)

Wenn man die Entwicklung der Biofläche und die Anzahl der Betriebe in Abb. 13 ansieht, ergibt sich ein ähnliches Bild des ständigen Wachstums. Die Betriebsfläche pro Betrieb (biologisch und konventionell) ist durchschnittlich größer geworden, wie in Abb. 15 zu sehen ist.

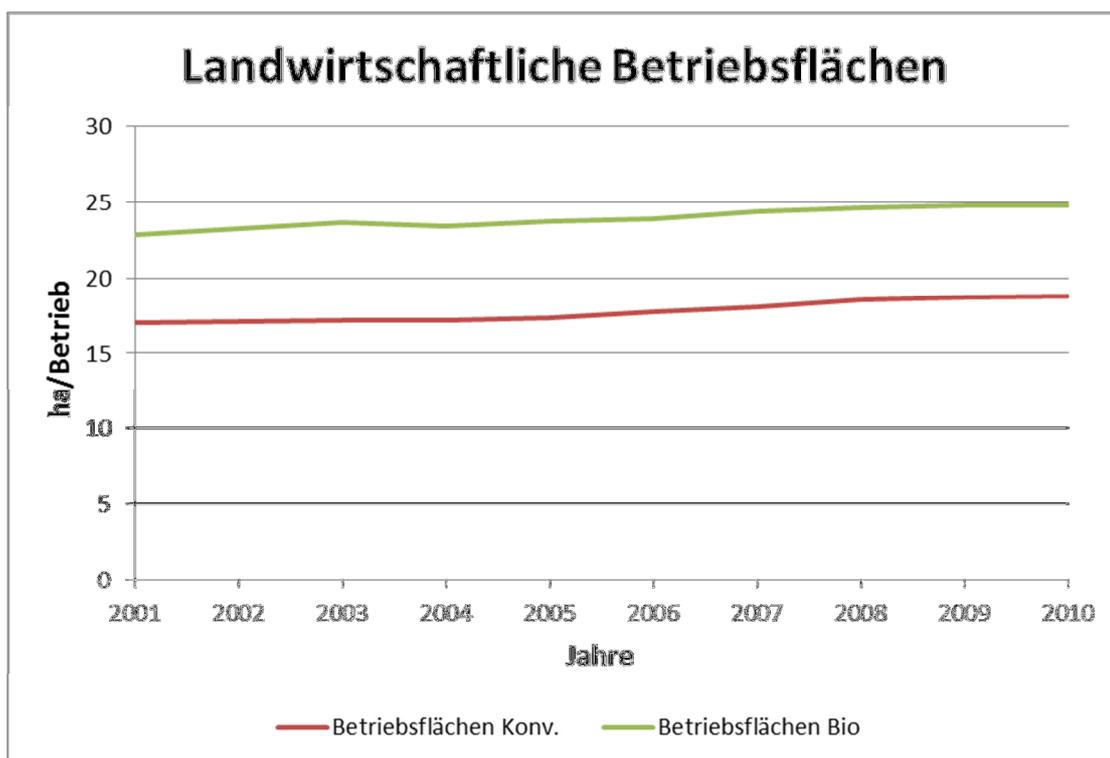


Abb. 15 Landwirtschaftliche Betriebsflächen in ha/Betrieb (eigene Erstellung, nach LEBENS MINISTERIUM, 2011)

Die Konsumenten entscheiden mit ihrem Kauf von Lebensmitteln täglich über die Zukunft der heimischen Landwirtschaft. Der Lebensmittelbericht zeigt, dass Verbraucher heimische Lebensmittel von höchster Qualität schätzen, die möglichst regional produziert werden und deren Herkunft klar ausgewiesen ist (lebensministerium.at, 05.12.2013).

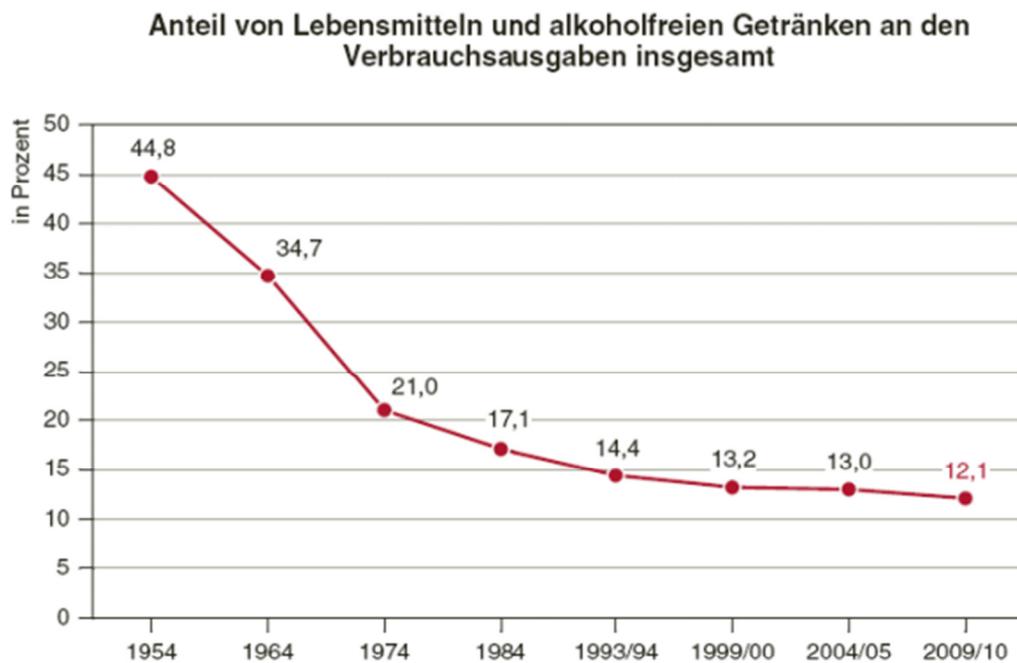
2.5 Die österreichische Lebensmittelindustrie

Die Lebensmittelindustrie zählt zu den größten Industriesektoren Österreichs. Zu den umsatzstärksten Branchen der österreichischen Lebensmittelindustrie gehören die Brauindustrie, die alkoholfreie Erfrischungsgetränkeindustrie, die Süßwarenindustrie, die Fleischwaren- und die Fruchtsaftindustrie. Zusammen setzten sie im Jahr 2012 Produkte im Wert von rund 7,8 Mrd. Euro in Österreich ab.

„Eine Folge des harten Wettbewerbs im Lebensmitteleinzelhandel ist das weitere Nachgeben des Anteils von Lebensmitteln und alkoholfreien Getränken an den mo-

natlichen Verbrauchsausgaben der österreichischen Haushalte. Seit über zwanzig Jahren beträgt er nun schon unter 15 %. Mit einer Veränderung wird auch in absehbarer Zeit nicht zu rechnen sein“ (LEBENS MINISTERIUM, 2013).

Diese drastische Veränderung des einstigen Anteils von fast 45 % (Mitte der 1950er Jahre) bis hin zu den rund 12 % im Jahre 2010 kann man in Abb. 16 nachvollziehen.



Q: STATISTIK AUSTRIA, Konsumerhebung 2009/10. Erstellt am: 12.04.2011.

Abb. 16 Anteil von Lebensmitteln und alkoholfreien Getränken an der Verbrauchsausgaben insgesamt, von den 1950ern bis in die Gegenwart (statistik.at, 15.12.2013)

Der Lebensmittelverbrauch nach Produktgruppen zeigt im Verlauf der letzten zehn Jahre folgende Veränderungen: Der durchschnittliche jährliche Fleischverbrauch ist insgesamt leicht rückläufig (-2,5 %). Den kontinuierlichen Rückgängen bei Rind-, Kalb-, Schweine-, Schaf- und Ziegenfleisch stehen deutliche Zuwächse bei Geflügel und Fisch gegenüber. Der Verbrauch an Trinkmilch und Trinkmilcherzeugnissen (Joghurt etc.) ist langfristig um 5,4 %, der Käseverbrauch noch deutlicher um 11,9 % gestiegen, der Pro-Kopf-Verbrauch von Gemüse (+6,6 %) und von Obst (+4,1 %) ist ebenfalls angestiegen, wo hingegen ist der Pro-Kopf-Verbrauch von Bier (-3,0 %) und Wein (-1,3 %) leicht rückläufig ist (LEBENS MINISTERIUM, 2010).

3 Versorgungsbilanzen Österreichs

In diesem Kapitel werden die Versorgungsbilanzen¹⁰ Österreichs dargestellt, im Speziellen der Pro-Kopf-Verbrauch¹¹ und der Grad der Selbstversorgung¹² mit Lebensmitteln. Der Selbstversorgungsgrad wird in Prozent dargestellt und gibt an, inwieweit das „Inlandserzeugnis“ in der Lage ist, die „Gesamtverwendung im Inland“ (für Mensch, Tier und Industrie) abzudecken.

Ist der Bedarf im Inland aus eigener Produktion nicht gewährleistet, ist der Selbstversorgungsgrad kleiner als 100 %. Größer als 100 % heißt demnach, dass der Bedarf im Inland überschritten ist und die Überproduktion gelagert oder exportiert werden kann (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013).

Allgemein ist festzuhalten, dass sich durch das durchschnittlich höhere Einkommen und durch die Verfügbarkeit einer breiteren Palette von Lebensmitteln auch das Ernährungsverhalten in den letzten Jahrzehnten verändert hat. Zum Beispiel waren Fleisch und Obst in den 50er Jahren im Vergleich zu heute sehr teuer, Südfrüchte und Fisch kamen nur zu festlichen Anlässen auf den Speisetisch (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013). Auf die genaue Entwicklung wird in den Unterkapiteln der einzelnen Lebensmittelgruppen noch genauer eingegangen.

¹⁰ Die **Versorgungsbilanzen** stellen das Aufkommen und die Verwendung der landwirtschaftlichen Produktion (Nahrungs- und Futtermittel) in der EU und/oder einem Mitgliedsstaat in einem Berichtszeitraum (Kalenderjahr und/oder Wirtschaftsjahr) dar. Auf das Wirtschaftsjahr bezieht sich der pflanzliche Sektor (1.Juli bis 30.Juni), die Weinbilanz (1. August bis 31.Juli) und die Zuckerbilanz (1.Oktobert bis 30.September). Auf das Kalenderjahr (1.Jänner bis 31.Dezember) bezieht sich der tierische Sektor (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013).

¹¹ Der **Verbrauch pro Kopf** ergibt den durchschnittlichen menschlichen Verbrauch pro Einwohner eines Landes im jeweiligen Wirtschafts- oder Kalenderjahr an. Der Pro-Kopf-Verbrauch wird in den Versorgungsbilanzen ausgewiesen und beinhaltet alle unverarbeiteten und verarbeiteten Produkte der Nahrungsmittelindustrie, die für den menschlichen Verbrauch bestimmt sind (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013).

¹² Der Grad der Selbstversorgung = Inlandserzeugung mal 100 dividiert durch Verwendung im Inland (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013).

3.1 Getreide

Der österreichische Nahrungsverbrauch von Getreide ist langfristig im Steigen begriffen. 2008/09 und 2011/12 wurde ein bisheriger Höchstwert von 90,9 kg pro Kopf erreicht. Nach Schwankungen zwischen ca. 90 % und 110 % in den letzten Jahren hat sich der Selbstversorgungsgrad 2011/12 genau auf 100 % eingependelt (LEBENS-MINISTERIUM, 2010). Die grafisch aufbereitete Zeitreihe entnimmt man der Abb. 17.

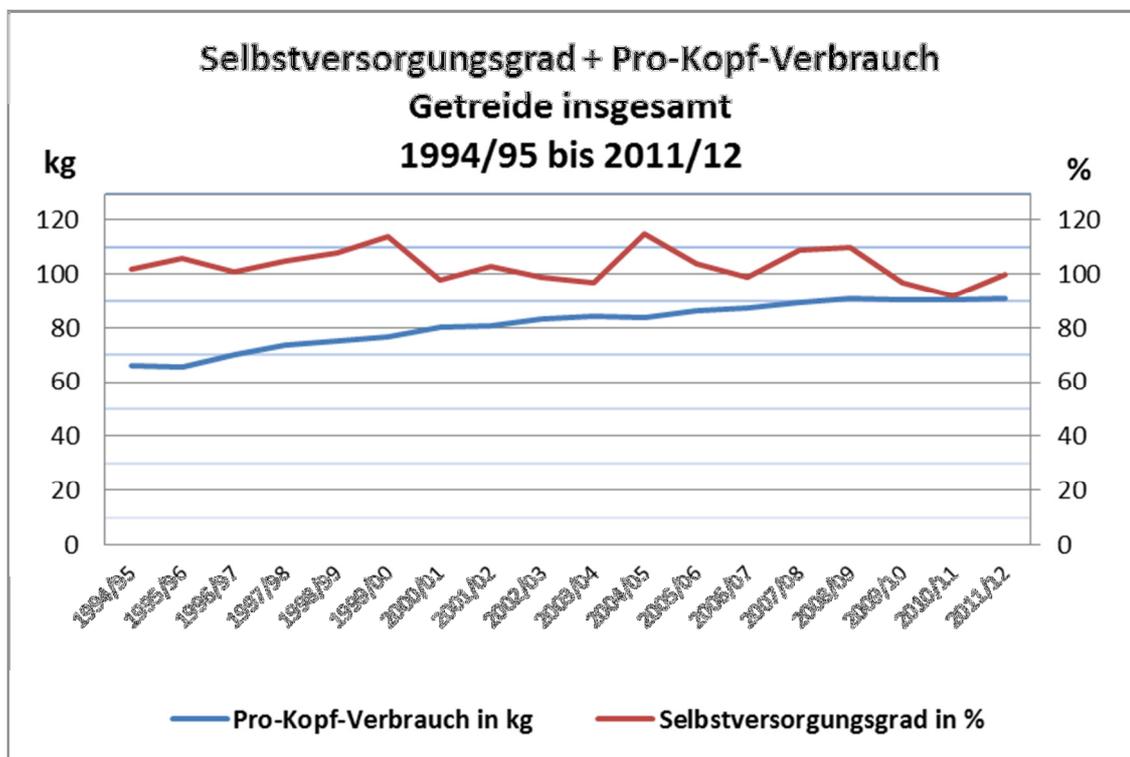


Abb. 17 Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Getreide , 1994/95 bis 2011/12 (eigene Erstellung, nach statistik.at, 15.12.2013)

3.2 Obst

Sowohl der Selbstversorgungsgrad wie auch der Verbrauch pro Kopf sind seit dem Jahr 1994 laut Statistik Austria relativ konstant geblieben. Der Pro-Kopf-Verbrauch pendelt sich bei rund 80 kg/Jahr ein und der Selbstversorgungsgrad schwankt immer knapp unter 60 %. Andere Quellen sprechen wiederum von einem kontinuierlichen Anstieg des Obstverbrauches, sowie von einem etwas höheren Selbstversorgungsgrad zwischen 60 % und 70 %. Die Werte der Statistik Austria können als Verlauf über die Jahre dargestellt der Abb. 18 entnommen werden. Lieblingsobst der Österreicher ist weiterhin der Apfel, gefolgt von Bananen, Orangen und Birnen (LEBENS MINISTERIUM, 2012).

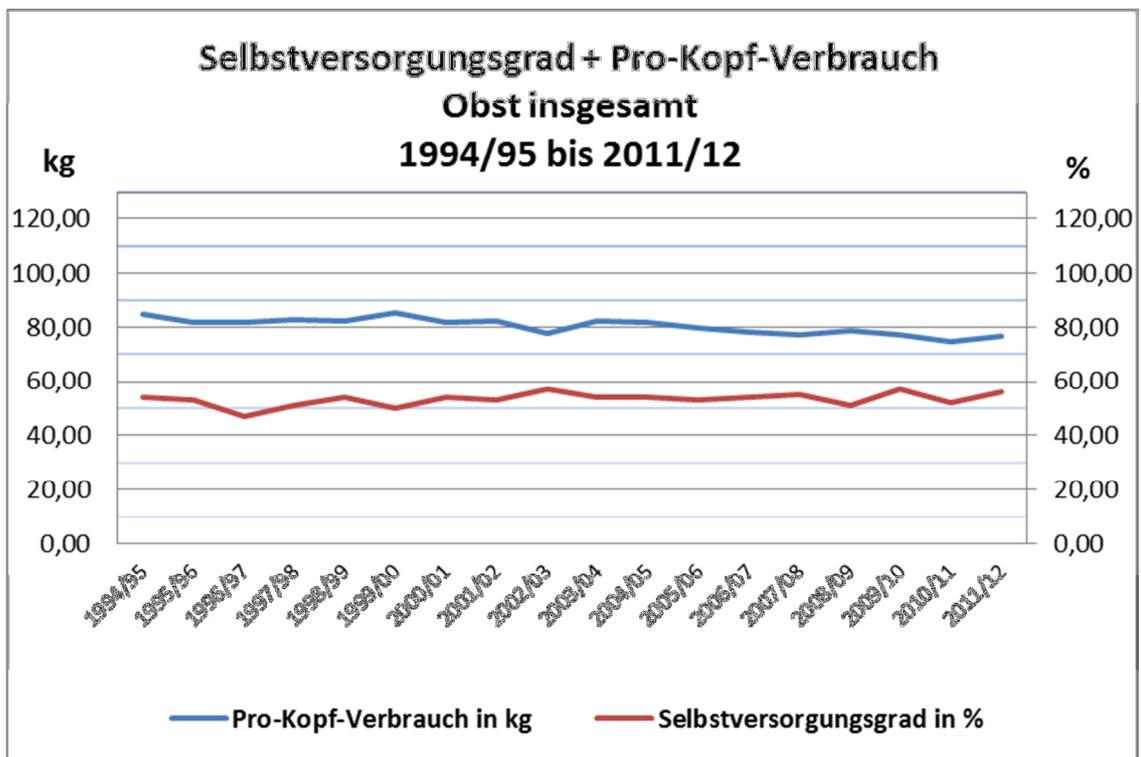


Abb. 18 Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Obst, 1994/95 bis 2011/12 (eigene Erstellung, nach statistik.at, 15.12.2013)

3.3 Gemüse

Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist der deutliche und kontinuierliche Anstieg des Verzehrs von Gemüse über die letzten Jahrzehnte hinweg als positiv zu verzeichnen. Der Gemüseverbrauch in Österreich betrug 2011/12 ca. 939.000 t, was einem jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 111,2 kg entspricht. Den mit Abstand größten Verbrauch gab es bei Tomaten (27,7 kg), gefolgt von Zwiebeln (9,3 kg) und Karotten (9 kg). Die Entwicklung des jährlichen Pro-Kopf-Verbrauchs geht langfristig stetig nach oben. Wurden 2000/2001 noch 101,6 kg pro Kopf verbraucht, waren es 2011/2012 bereits um fast 10 kg mehr (LEBENSMINISTERIUM, 2013).

Die Selbstversorgungsbilanz für Gemüse hat 2011/12 einen Höchstwert von 68% erreicht. Auch längerfristig entwickelte sich die Selbstversorgung, mit kleineren Ausnahmen, durchaus positiv (1995/96: 57 % und 2011/12: 68 %). 2011/12 wiesen unter den verschiedenen Gemüsearten lediglich Zwiebeln (166 %) und Karotten (109 %) einen positiven Selbstversorgungsgrad auf. Bei allen anderen Gemüsearten muss der Inlandsbedarf durch Importe gedeckt werden. Dies betrifft am stärksten Melonen (99 % Import), Champignons und Pilze (92% Import) und Tomaten (80 % Import). Mengenmäßig stellen Tomaten den mit Abstand größten Anteil an den Gemüseimporten (ca. 234.000 t) dar, (LEBENSMINISTERIUM, 2013). Die beiden positiven Trends des Selbstversorgungsgrades und des Pro-Kopf-Verbrauches von Gemüse können aus der Abb. 19 herausgelesen werden.

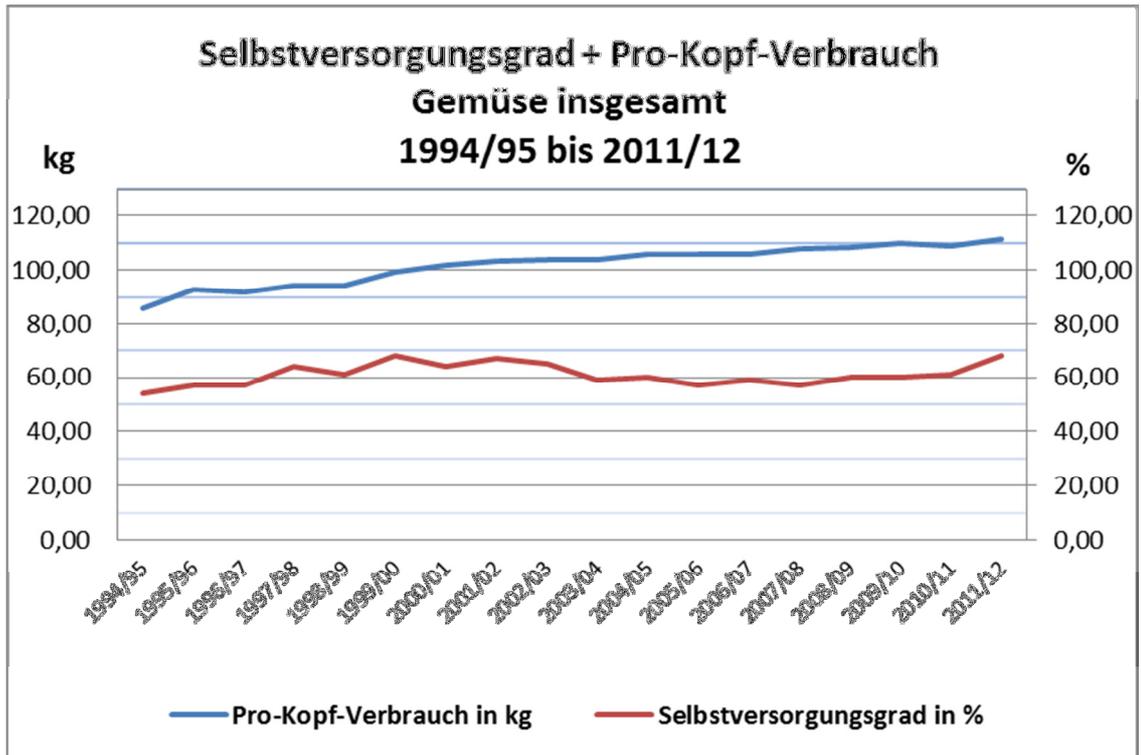


Abb. 19 Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Gemüse, 1994/95 bis 2011/12 (eigene Erstellung, nach statistik.at, 15.12.2013)

3.4 Fleisch

Der Verbrauch von Fleisch pro Kopf stieg seit 1955 um mehr als das Doppelte. In den letzten Jahrzehnten ist der durchschnittliche jährliche Fleischverbrauch jedoch relativ konstant geblieben, wie in Abb. 20 zu sehen ist. Der kontinuierlichen Verringerung des Pro-Kopf-Verbrauchs von Schaf- und Ziegenfleisch, von Schweinefleisch, Rind- und Kalbfleisch stehen deutliche relative Steigerungen des Pro-Kopf-Verbrauchs von Fisch- und Fischprodukten und von Geflügelfleisch gegenüber (LEBENS MINISTERIUM, 2010).

„In den Versorgungsbilanzen für Fleisch wird der Pro-Kopf-Anteil des „Menschlichen Verzehrs“ ausgewiesen, d.h. der essbare Anteil des jeweiligen Schlachtkörpers. Dabei wird vom Schlachtkörper der nicht-essbare Anteil wie Knochen- und Sehnenanteile, Haushaltsverluste sowie die Mengen welche an Haustiere verfüttert werden, mit Hilfe von Koeffizienten berechnet und abgezogen“ (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013).

Auch die Selbstversorgungsbilanz weist einen durchgehend positiven Trend seit Beginn der 1990er Jahre auf, mit dem höchsten Anteil von 112 % im Jahre 2011 wie aus der Abb. 20 entnommen werden kann.

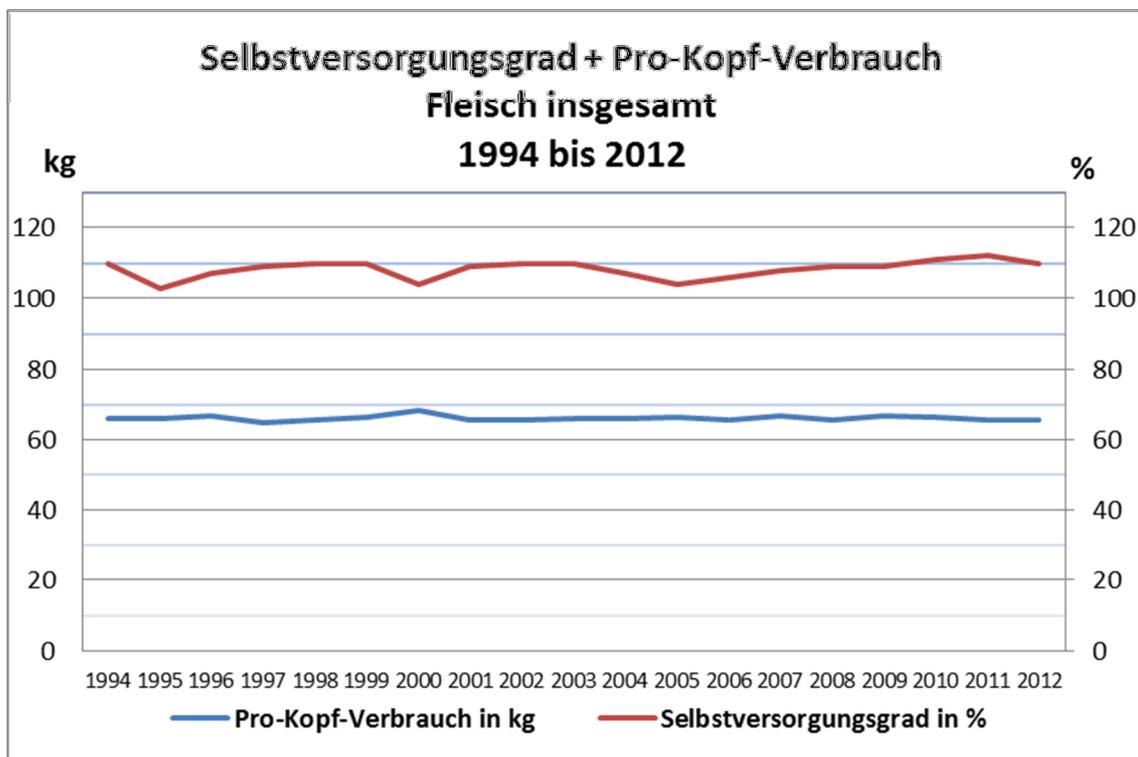


Abb. 20 Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für das gesamte Fleisch, 1994 bis 2012 (eigene Erstellung, nach statistik.at, 15.12.2013)

3.5 Milchprodukte

Im Gegensatz zum Fleischkonsum, nahm der Verzehr von Trinkmilch seit Mitte der 1950er Jahre bis heute deutlich ab. Dies kann unter anderem auf die größere Produktvielfalt, wie die Einführung neuer Milchmisch- und Joghurtgetränken zurückzuführen sein. Erst seit den letzten Jahren, wie aus Abb. 21 hervorgeht, ist der Verbrauch wieder etwas im Steigen begriffen (BAYATY P., HÖBAUS E., 2013). Der Käsekonsum hat hingegen eine deutliche Steigerung erfahren (3,8 kg/Kopf 1955 auf 19,4 kg/Kopf 2012).

Die österreichische Milchwirtschaft entwickelt sich immer mehr in Richtung höhere Veredelung der Produkte, Produktinnovationen und weiteren Ausbau der Qualitätsstrategie, da der Druck des Lebensmittelhandels aufgrund von Diskontpreisen, Aktionen und verstärkten Einsatz von ausländischer Ware und Eigenmarken immer mehr ansteigt. Insgesamt ist der österreichische Markt für Milchprodukte gesättigt, dennoch ist der Selbstversorgungsgrad von Konsummilch seit Anfang der 1990er weiterhin steigend und lag 2012 bei 162 % wie in Abb. 21 zu sehen ist. Bei Betrachtung des Selbstversorgungsgrades der Milch und Milchprodukte insgesamt, lag dieser bei ca. 120 % (LEBENS MINISTERIUM, 2010).

Die hohe Produktion stammt daher, dass Milch, Molkereiprodukte sowie diverse Käsesorten österreichische Exportschlager sind. *„Wertmäßig überwiegen die Ausfuhren die Einfuhren etwa um das 1,7 fache. Mengemäßig sogar fast um das 4 fache“* (LEBENS MINISTERIUM, 2012).

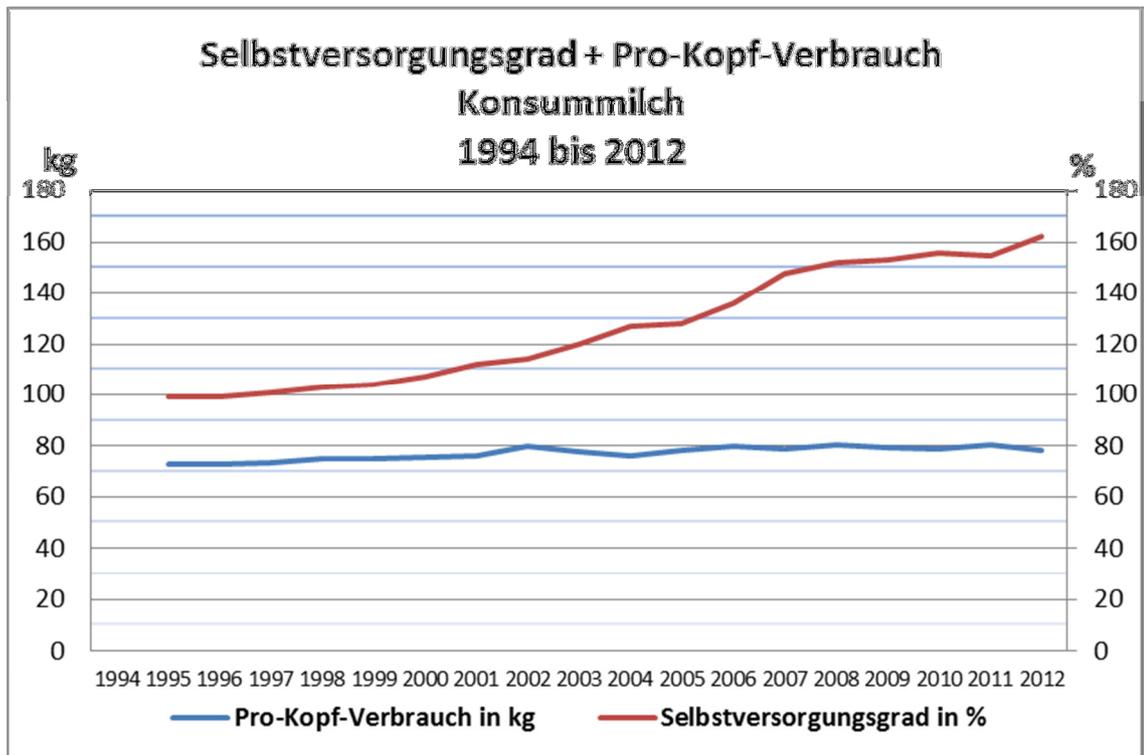


Abb. 21 Selbstversorgungsgrad [%] und Verbrauch pro Kopf [kg] Österreichs für Konsummilch 1994 bis 2012, (eigene Erstellung, nach statistik.at, 15.12.2013)

4 Methodik

4.1 Life Cycle Assessment (LCA)

Die Absicht eines Life Cycle Assessment (LCA), also einer Lebenszyklusanalyse, ist es die Umweltauswirkungen eines Produktes, eines Prozesses oder einer Dienstleistung über ihren gesamten Lebensweg darzustellen. Dieser Lebensweg kann von der Wiege bis zur Bahre (from cradle to grave) oder wie in dieser Arbeit von der Wiege bis zum Fabriktor (from cradle to factory gate) führen. Für die Umweltauswirkungen relevant sind sämtliche Energie- und Materialflüsse, alle vor- und nachgestellten Prozesse sowie die ausgestoßenen Emissionen während der Produktion, der Nutzungsdauer und gegebenenfalls auch der Entsorgung eines Produktes (AUDSLEY E. et al., 1997).

Durch diese umfangreichen Möglichkeiten der Erfassung bietet sich die LCA Methodik als ideales Werkzeug an, um landwirtschaftlicher Erzeugnisse und ihre komplexen Vorketten, wie etwa Düngung und Pflanzenschutzmittel, zu erstellen und eine tiefgreifende Bewertung durchzuführen.

LCAs sind in der Norm EN ISO 140406 (ISO, 2006) standardisiert, jedoch kann es durch unterschiedlichste LCA Methoden und unterschiedlicher definierte Systemgrenzen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen (EUROPEAN UNION, 2012). In dieser Arbeit wird die Methodik des Sustainable Process Index (SPI), auf welchen nachfolgend noch genauer eingegangen wird, zur Durchführung der Lebenszyklusanalyse verwendet.

4.2 Ökologischer Fußabdruck

„Dem Konzept „Fußabdruck“ liegt die Vorstellung eines Fußabdruckes zugrunde, wie ihn der Mensch z. B. auf einer Wiese hinterlässt. Trampelt der Mensch rücksichtslos auf einer Wiese herum, dann wächst dort lange Zeit kein Gras mehr. Setzt er seinen Schritt hingegen vorsichtig, regeneriert sich die Bodenvegetation schnell“ (MOIDL S., LENHART L., PEKNY W., 2008).

Mit Hilfe einer ökologischen Bewertung ist es möglich, Prozesse (Stoff- oder Energieflüsse) zu analysieren. Die Idee ist es eine Fläche zu ermitteln, um einen Prozess nachhaltig in die Ökosphäre einzubetten und diese in einer aggregierten Maßeinheit, in diesem Fall [m²], darzustellen (KROTSCHECK C., NARODOSLAWSKY M., 1995).

„Nachhaltigkeit ist per Definition nur auf Basis erneuerbarer Ressourcen möglich. Alle erneuerbaren Ressourcen hängen von der Sonneneinstrahlung als natürliche „Einkommensquelle“ ab. Für die Umwandlung von Sonneneinstrahlung in Produkte und Dienstleistungen ist immer eine bestimmte Fläche notwendig. Da die Erdoberfläche aber begrenzt ist, ist folglich auch der mögliche Flächenverbrauch limitiert. Daher ist „Fläche“ die Berechnungseinheit für das Konzept des ökologischen Fußabdruckes. Desto mehr Fläche ein Prozess benötigt um eine Dienstleistung bereitzustellen, desto mehr kostet diese Dienstleistung von einem ökologisch nachhaltigem Standpunkt betrachtet“ (spionweb.tugraz.at/de/spi, 2013). Die „Einbettung“ in die Ökosphäre eines Prozesses bzw. einer Dienstleistung, welche/r die Sonnenenergie und die daraus erzeugten Rohstoffe nutzt um daraus Produkte und entstehenden Emission zu generieren wird in Abb. 22 gezeigt.

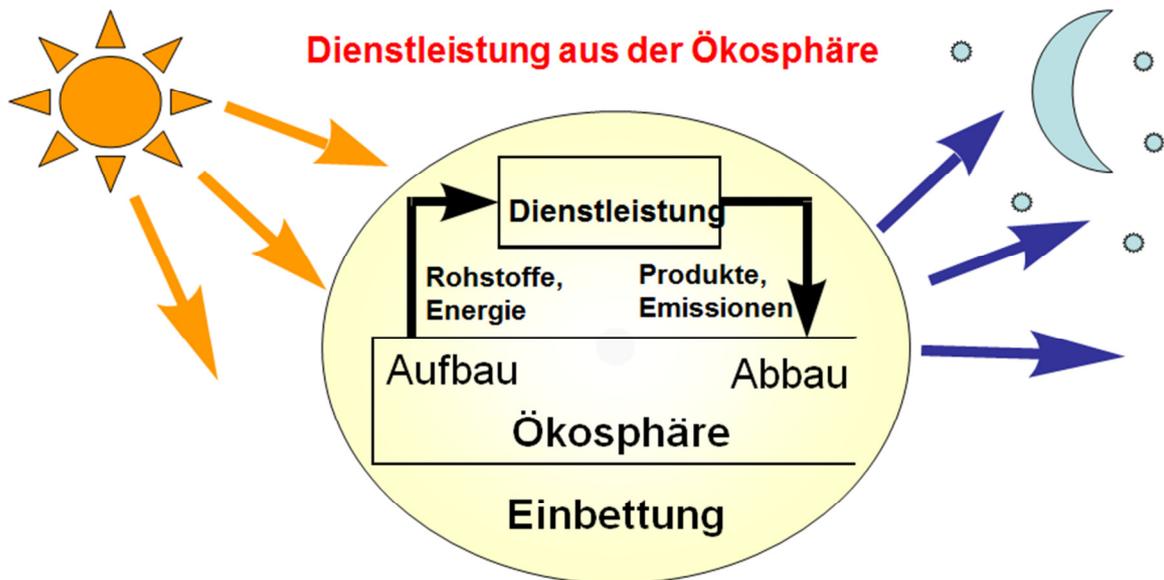


Abb. 22 Dienstleistung aus der Ökosphäre (überarbeitet aus KROTSCHECK, C., NARODOSLAWSKY M., 1996)

Keine der ökologischen Bewertungsmethoden sagt die „volle Wahrheit“, denn sie sind von einem Wertesystem abhängig und aus bestimmten Blickwinkeln auf die Umwelt ausgerichtet. Sie zeigen jedoch wichtige Umweltaspekte auf und sind hilfreiche Entscheidungshilfen. Je nach wissenschaftlicher Disziplin, unterschiedlichen Definitionen von dem, was „ökologisch richtig“ ist, und unterschiedlichen Modellen zur Errechnung der Tragfähigkeit des Planeten Erde, gibt es auch verschiedene Herangehensweisen unterschiedlicher ökologischer Maße.

Der ökologische Fußabdruck ist ein Maß dafür, wie stark menschliches Handeln die Natur verändert und belastet. Je mehr Rohstoffe verbraucht und je mehr Schadstoffe produziert werden, desto größer ist der ökologische Druck.

Es gibt verschiedene Methoden zur Berechnung von ökologischen Fußabdrücken, die das menschliche Verhalten in unterschiedlichem Ausmaß berücksichtigen und unterschiedliche Bezüge zur Natur herstellen. Eine Berechnungsart stellt der Sustainable Process Index (SPI) dar (KROTSCHECK, C., NARODOSLAWSKY M., 1996).

4.3 Sustainable Process Index – SPI

Der Sustainable Process Index (SPI) wurde in dieser Arbeit als Bewertungswerkzeug gewählt, da er als Ergebnis eine aggregierten Maßeinheit, in diesem Fall [m²], darstellt. Dies wiederum erleichtert es Prozesse vergleichbar zu machen und kann daher als sinnvolle Entscheidungshilfe fungieren.

Die SPI Methode basiert auf dem Vergleich von natürlichen mit anthropogenen Materialflüssen. Die Umwandlung von Massen- und Energieflüssen erfolgt streng nach zwei Prinzipien der Nachhaltigkeit (SUSTAIN, 1994):

1. *Anthropogene Materialflüsse dürfen globale Stoffkreisläufe nicht verändern.*

Dieses Prinzip bezieht sich auf Kreisläufe und bedeutet, dass nicht mehr in die Umwelt emittiert werden darf, als die Ökosphäre wieder aufnehmen und sedimentieren kann. Der Schlüssel zur Erneuerungsrate organischer Materialien ist der globale Kohlenstoffkreislauf und dessen temporäre Störung durch den Menschen. Die Sedimentation im Ozean ist das einzig nennenswerte System, das Kohlenstoff aus dem globalen Kreislauf ausschleusen kann. Der Ozean ist des Weiteren der einzige Speicher, der eine gewisse Zeit mehr Kohlenstoff aufnehmen kann als er als Sediment wieder abgibt und entlastet somit die Atmosphäre (KROTSCHECK C., 1995). Entnimmt man nun diesen in der Vergangenheit gespeicherten Kohlenstoff, kann man das ansatzweise damit vergleichen, als würde man Rohstoffe eines anderen Planeten entnehmen, da dieser nicht mit der solaren Energie der Gegenwart produziert wurde.

2. *Anthropogene Materialflüsse dürfen die Qualität der lokalen Umwelt nicht verändern.*

Das bedeutet, dass Schadstoffeinträge in den Boden, in die Luft und ins Wasser die Aufnahmefähigkeit der lokalen Umwelt nicht überschreiten dürfen. Wenn mehr eingebracht wird, braucht es wiederum eine größere Fläche, um die natürliche Aufnahmefähigkeit nicht zu überschreiten (KROTSCHECK C., 1995).

Der Fußabdruck des SPI inkludiert nicht nur den tatsächlichen Flächenbedarf, wie bei anderen Fußabdruckrechnern. In die Berechnung fließen zusätzlich sämtliche Rohstoffe, verschiedenste Energieflüsse und alle Emissionen (nicht nur CO₂) des zu generierenden Prozesses inklusive der gesamten Vorkette und deren Emissionen, ein. Die Konvertierung von Strömen in Flächen stützt sich dabei auf natürliche Referenzen (z.B. globaler Kohlenstoffzyklus und unbelasteter Boden) (NARODOSLAWSKY M. et al., 1995).

Die Gesamtfläche des ökologischen Fußabdruckes, welche als Ergebnis entsteht, wird in sieben Teilflächen dargestellt. Diese Teilflächen gliedern sich in den direkten Flächenbedarf, den Flächenbedarf der verwendeten Ressourcen, den fossilen Kohlenstoff und sämtliche Emissionen in die verschiedenen Kompartimente auf. Eine farbliche Unterscheidung erleichtert die Erkennbarkeit der Flächen in der Programmdarstellung:

-  direkter Flächenverbrauch für Infrastruktur
-  Flächenverbrauch für nicht erneuerbare Ressourcen
-  Flächenverbrauch für erneuerbare Ressourcen
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von fossilem Kohlenstoff (C)
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in Wasser
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in Boden
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in die Luft

→ Je größer der ökologische Fußabdruck, desto schlechter für die Umwelt!

In Abb. 23 werden die Ressourceninputs in einen Prozess, welcher wiederum ein Produkt erzeugt und die daraus resultierenden Emissionen grafisch dargestellt.

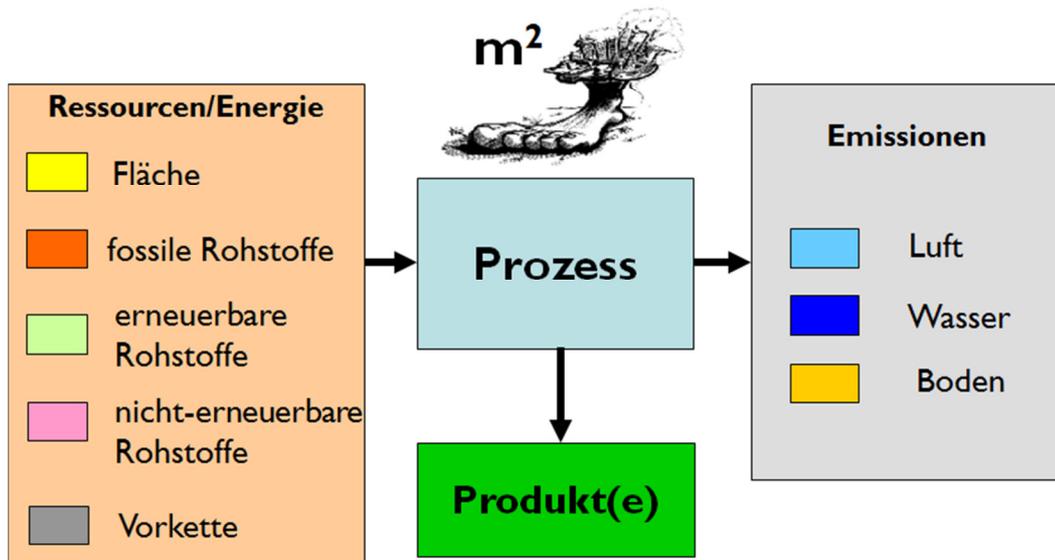


Abb. 23 Graphische Darstellung der Berechnungsmethodik (<http://spionweb.tugraz.at/de/spi>, 2013)

Bezugnehmend auf die Dissertation von KROTSCHECK (1995), werden im Folgenden die Teilflächen des SPI Programmes näher erklärt. Für die Bewertung wird ein zeitlicher Bezug benötigt. Als Betrachtungszeitraum gilt für das Ergebnis stets eine Referenzperiode von einem Jahr.

Die sieben Teilflächen im Detail:

Direkter Flächenverbrauch für Infrastruktur (Area for area)

Diese Kategorie berücksichtigt, dass mit der Schaffung von Infrastruktur (Fabriken, Straßen, etc.) Bodenfläche versiegelt wird. Dieser Flächenanspruch wird berücksichtigt und fließt ohne Umrechnung direkt in das SPI Ergebnis mit ein.

Flächenverbrauch für nicht erneuerbare Ressourcen (Area for non-renewables)



Im Fall der nicht erneuerbare Rohstoffe wie Metalle und Mineralien werden diese schon existierenden Materialien auf unserem Planeten nicht mehr nachgebildet, sondern nur noch verteilt. Aus diesem Grund bedient man sich des Ansatzes, dass zu einem die Energie in den SPI eingerechnet wird welche notwendig ist, um z.B. Kupfer herzustellen. Zum anderen wird über die drei Emissionskategorien (Area for

emissions to water, air and soil) die Dissipation¹³ von nicht erneuerbaren Rohstoffen in die Umwelt berücksichtigt.

Flächenverbrauch für erneuerbare Ressourcen (Area for renewables)

Für den Einsatz erneuerbarer Rohstoffe wie z.B. Holz, Gras, Weizen, usw. wird die Fläche berücksichtigt, welche für den Anbau der eingesetzten Menge notwendig ist. Beträgt der Ertrag eines Rohstoffes beispielsweise 1,5 kg/(m²*a) und es werden 100 kg/a in einem weiteren Verarbeitungsschritt eingesetzt, müssen dem Fußabdruck 66,6 m² angerechnet werden. Dies betrifft nur die Fläche um den Rohstoff anzubauen und inkludiert noch keinen maschinellen Aufwand, Pflanzenschutz oder Düngemittel.

Flächenverbrauch für fossilen Kohlenstoff (C) (Area for fossil resources)

Durch einen sehr langsam voranschreitenden Kreislauf werden fossile Rohstoffe in deren Langzeitspeichern wieder auffüllt. Der globale Kohlenstoffzyklus legt zugrunde, dass CO₂ aus der Atmosphäre über die Ozeane aufgenommen wird. Durch die Sedimentationsrate am Meeresboden und die dort vorherrschenden Bedingungen wird Kohlenstoff über lange Zeit gespeichert. Dieser Prozess ist auch der Grund für die Bildung von fossilem Öl und Gas. Dazu wird eine Meeresbodenfläche von 500 m² pro Jahr zur Bildung von 1 kg fossilen Kohlenstoff benötigt. Dementsprechend ergibt sich die Fläche für fossilen Kohlenstoff aus der Menge an eingesetzten fossilen Ressourcen und der dafür notwendigen Meeresbodenfläche für die nachhaltige Speicherung.

Flächenverbrauch für Emissionen in Wasser (Area for emissions to water)

Der Niederschlag ist jener Vorgang, welcher das Kompartiment Wasser ständig erneuert. Man geht davon aus, dass der Niederschlag frei von Fremdstoffen ist. Nur ein Teil des Niederschlags gelangt auch wirklich in das Grundwasser (= Sickerwas-

¹³ Dissipation (lat. für „Zerstreuung“) bezeichnet in der Physik den Vorgang in einem dynamischen System, bei dem z. B. durch Reibung die Energie einer makroskopisch gerichteten Bewegung, die in andere Energieformen umwandelbar ist, in thermische Energie übergeht, d. h. in Energie einer ungeordneten Bewegung der Moleküle, die dann nur noch teilweise umwandelbar ist. Ein solches System heißt dissipativ (de.wikipedia.org, 05.08.2014).

ser), da sich ein Teil durch Evaporation und Transpiration wieder verflüchtigt. Die Sickerwasserrate stellt eine regionsabhängige Größe dar, welche somit auch vorgibt wie sich der Fußabdruck für Emissionen ins Wasser errechnet. Für Österreich würde dies bedeuten, dass bei einem Jahresmittel von ca. 1.200 mm/a Niederschlag, 340 kg/(m²*a) in das Grundwasser gelangen.

Flächenverbrauch Emissionen in Boden (Area for emissions to soil)

Äquivalent zur Berechnung der Fußabdrucksfläche für Wasser wird auch in der Kategorie Emissionen in Boden gerechnet. Hierbei wird jedoch als Ersatzprozess die Erneuerung über Kompostierung und Humusbildung herangezogen, welche den Oberboden vermehrt. Diese neue Bodenmasse kann Emissionen aufnehmen ohne die Konzentration der Emissionen (im Vergleich zur Konzentration der Schadstoffe vor der Bildung von neuem Humus) zu erhöhen. In Österreich entspricht der durchschnittliche Eintrag an Frischsubstanz 9,5 t/(ha*a) im Fall von Grünschnitt, was zu einer Erneuerungsrate von 0,42 kg/(m²*a) führt.

Flächenverbrauch Emissionen in Luft (Area for emissions to air)

Im Fall von Emissionen in Luft, welche nicht lokal gesehen werden können, wird der Vergleich zwischen natürlichen und anthropogenen Emissionen gezogen. Als maßgebliches Referenzsystem werden die natürlichen Flussraten in der Atmosphäre angenommen. Zum Beispiel emittiert eine natürliche Fläche 2,55 kg SO₂ pro Hektar und Jahr. Emittiert also eine Fabrik ebenfalls 2,55 kg/a an SO₂ entspricht dies einem natürlichen Gebiet von 1 Hektar.

Die Emission von CO₂ in die Luft hat keinen Fußabdruck und stellt somit eine Ausnahme dar. Dies ist notwendig um eine Doppelzählung zu verhindern, da CO₂ bereits in der Kategorie Flächenverbrauch für fossilen Kohlenstoff (C) berücksichtigt wurde.

Für alle drei Emissionskategorien gilt:

Es wird immer nur das finale Kompartiment der Anreicherung gerechnet. Emittiert man einen Stoff in die Luft und reichert dieser sich im Boden an, wird der Boden als finale Emissionsfläche miteinbezogen.

Weiters gilt für die Berechnung das Konzept der Leitfläche, d. h. dass aus allen drei Emissionsflächen nur die größte dissipative Fläche, welche von einer bestimmten Emission in dem zu berechneten Prozess verursacht wird, mit in die Berechnung inkludiert wird. Dies ruht daher, dass ein und dieselbe Fläche in der Lage ist nicht nur ausschließlich eine Emission aufzunehmen, sondern auch Emissionen aus anderen Kompartimenten (KETTL K. H., 2012).

Zur Berechnung:

Konsequenterweise beinhaltet das SPI Konzept alle verschiedenen ökologischen Drücke, welche auf die Natur wirken. Die Summe des SPI wird auf folgende Weise berechnet:

$$A_{\text{tot}} = A_R + A_E + A_I + A_S + A_P \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

$$A_R = A_{RR} + A_{RF} + A_{RN} \quad [\text{m}^2] \quad (2)$$

$$A_I = A_{ID} + A_{II} \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

A_R ist die Fläche, welche für die Bereitstellung von Rohstoffen benötigt wird und berechnet sich aus der Fläche für erneuerbare Rohstoffe (A_{RR}), der Fläche für fossile Rohstoffe (A_{RF}) und der Fläche für nichterneuerbare Rohstoffe (A_{RN}). A_E bezeichnet die Fläche welche notwendig ist um Prozessenergie inklusive Elektrizität bereitzustellen. A_I stellt die Gesamtfläche aus Infrastrukturinstallationen dar, welche sich wiederum aus direktem Landverbrauch (A_{ID}) und der Fläche für Gebäude und Infrastrukturinstallationen (A_{II}) zusammensetzt. A_S ist die Fläche welche für Arbeitskraft vorgesehen ist und A_P die Teilfläche zur Dissipation von Emissionen in Luft, Wasser und Boden (spionweb.tugraz.at/de/spi, 2013).

Aus den Einzelflächen (siehe Formel (1)) setzt sich A_{tot} zusammen. Die Gesamtprozessfläche A_{tot} ist also die Summe aller Teilflächen für Rohstoffe, Energie, Installationen, Personal und Produkte.

$$a_{\text{tot}} = A_{\text{tot}}/N_P \quad (4)$$

Der Gesamtfußabdruck A_{tot} wird durch die Anzahl der Produkte N_P eines Prozesses dividiert. a_{tot} stellt somit die Fläche einer Outputeinheit oder Dienstleistungseinheit, also den tatsächlichen Fußabdruck, auf ein Jahr bezogen, dar.

$$\text{Sustainable Process Index} = a_{\text{tot}}/a_{\text{in}} \quad (5)$$

a_{in} stellt die für jeden Menschen statistisch verfügbare Fläche dar (KROTSCHHECK C., 1995).

Beim Sustainable Process Index handelt es sich daher um eine Verhältniszahl und keine absolute Fläche. Bezuggenommen wird hierbei auf die Fläche, die das bewertete Produkt/Dienstleistung benötigt, gegenüber der gesamten Fläche, welche einer Person statistisch zu Verfügung steht.

4.4 SPionWeb

Zur Berechnung findet der Sustainable Process Index (SPI) aktuell im online Tool SPionWeb Verwendung. Mit diesem ist es möglich ganze Lebenszyklen in Form von Prozessketten zusammenzustellen, welche mit geringem Aufwand immer wieder aktualisiert und verbessert werden können.

SPionWeb (spionweb.tugraz.at) ist die Nachfolge-Software von SPionExcel 2.07 (spionexcel.tugraz.at). Diese ist auf einer neuen Oberfläche aufgebaut, inkludiert Erneuerungen in der Berechnungsmethodik sowie Verbesserungen der Funktionalität. Neben der verbesserten Benutzerfreundlichkeit bietet der Wechsel von Microsoft Excel auf ein Web basiertes Werkzeug weitere Erleichterungen. Eine

zentralisierte Datenbank ermöglicht das gemeinsame Arbeiten an ein und demselben Prozess von verschiedenen Arbeitsplätzen aus. Zusätzlich lässt es dynamisches Modellieren zu, wodurch nicht nur Prozessketten, sondern auch Kreisläufe dargestellt werden können. Änderungen in Sub-Prozessen werden automatisch in die gesamte Prozesskette neu einberechnet und es erfolgt auch eine schnellere Berechnung als bisher.

SPLonWeb ist frei zugänglich und kann mit fast jedem Computer, Smartphone oder Tablet verwendet werden. Es ist unabhängig vom Betriebssystem (z.B. Windows, Linux, Mac OS X) und man benötigt lediglich einen Webbrowser um sich in SPLonWeb einzuloggen und damit zu arbeiten. Prozesse, die der User generiert, werden auf einem Server gespeichert. Diese Daten können jedoch nur von diesem betreffenden User eingesehen werden. Möchte man die selbst generierte Prozessgruppe mit andern Usern teilen, bietet SPLonWeb dezidiert diese Möglichkeit. In der Core-Datenbank stehen allen Usern vorgegebene Basisprozesse zur Verfügung, wie zum Beispiel Elektrizität, Wärmeproduktion, Transportarten, Chemikalien oder diverse Infrastrukturen. Diese Core-Prozesse können nur von den Administratoren verändert, jedoch von jedem gewöhnlichen User verwendet und in persönliche User-Prozesse inkludiert werden. Als Ergebnis wird von SPLonWeb nicht nur der ökologische Fußabdruck in m^2 generiert, sondern zusätzlich der gesamte Prozess grafisch dargestellt. Alle Materialflüsse inklusive der Emissionen werden aufgelistet, sowie das CO_2 und das Global Warming Potential (GWP) der gesamten Lebenszykluskette nochmals dargestellt.

Die Ergebnisse, welche mit SPLonWeb erarbeitet werden, finden in Forschungsprojekten, industriellen Prozessen und verschiedensten thematischen Rechnern Verwendung (z.B. www.fussabdrucksrechner.at/).

In dieser Arbeit wurde für die verschiedenen landwirtschaftlichen Produkte zur Berechnung eine Vielzahl von Prozessen generiert. Diese Prozesse beinhalten bereits bestehende Sub-Prozesse aus den zuvor erwähnten Prozessgruppen. Somit wird die Datenbank im Zuge dieser Bewertung durch neue hauptsächlich landwirtschaftliche Prozesse erweitert. Zur Generierung der neuen Prozesse benötigt man Rohdaten aus der Landwirtschaft, wie z.B. Menge und Art der Dünger, des Pflanzenschutzes, der Maschinenstunden oder auch der Futtermittel, etc. Die Inputs an

Materialen wurden stets bezogen auf eine Outputeinheit, im Falle der Bereitstellung von Nahrungsmitteln auf [kg].

Zur Veranschaulichung der Berechnung finden sich nachfolgend Screenshots aus SPionWeb, in welchen die Inputs, die Emissionen sowie der errechnete Gesamtfußabdruck dargestellt sind. In Abb. 24 und Abb. 25 ist ein Beispielprozess als Screenshot dargestellt.

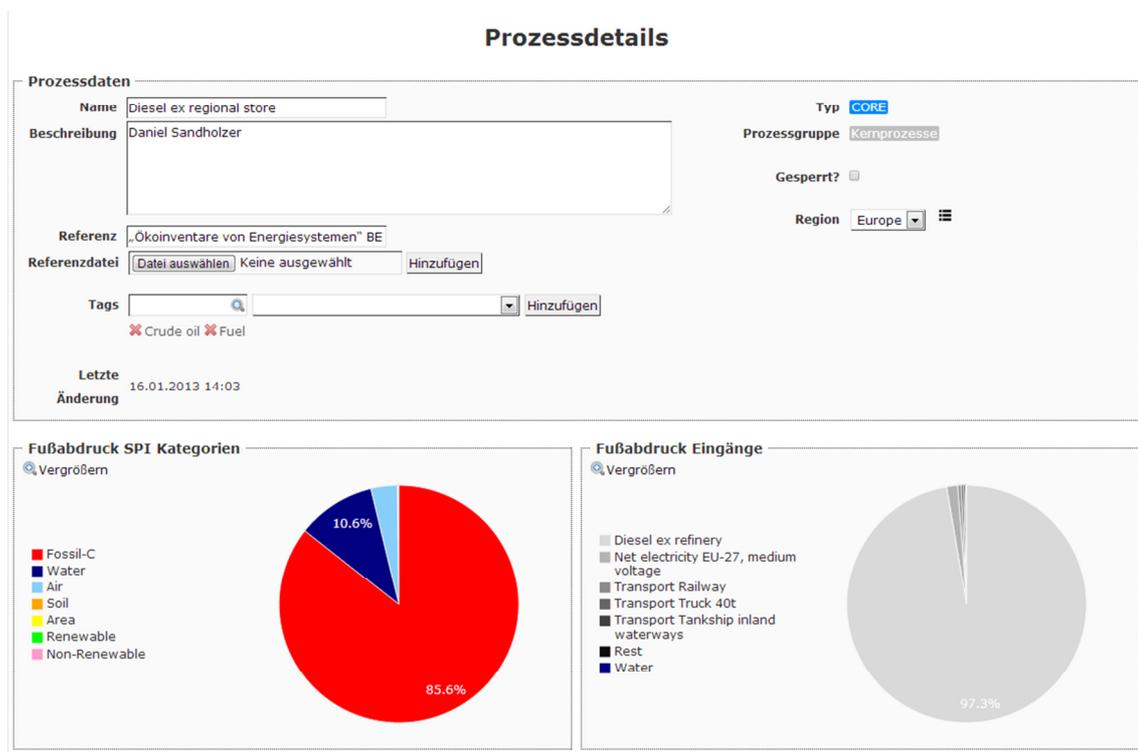


Abb. 24 Beispiel Prozess aus SPionWeb (spionweb.tugraz.at/de/processes/298, 2013)

Dieser Beispielprozess, hier die Produktion von Dieseldieselkraftstoff, soll den Aufbau eines SPionWeb Prozesses veranschaulichen. Zu Beginn steht die Benennung des Prozesses inklusive einer kurzen Beschreibung und Quellenangabe. Auf der rechten oberen Seite kann man den Typ des Prozesses, in diesem Fall handelt es sich um einen Core- und keinen User-Prozess, und die Zuordnung zu einer bestimmten Prozessgruppe und Region erkennen. Weiters können sogenannte Tags vergeben werden, hierbei handelt es sich um Schlagworte, welche den Inhalt des Prozesses beschreiben und bei der späteren Suche nach demselben sehr hilfreich sein können.

Darunter werden in den beiden Kreisdiagrammen erste Ergebnisse des Prozesses sichtbar. Links werden die sieben Teilflächen prozentuell dargestellt. Wenn man mit dem Cursor über die Diagrammspalten fährt, erscheinen ebenfalls die Absolutwerte. Rechts kann man auf den ersten Blick erkennen wie groß der Einfluss der diversen Subprozesse auf das erstellte Endprodukt ist.

Ergebnisprodukte							
Produkte + Ergebnisprodukt hinzufügen							
Bezeichnung	Hauptprodukt?	Einheit	Menge	a_{tot} [m ² ·a/Einheit]	a_{part} [m ² ·a/Einheit]	K	
Diesel ex regional store	<input checked="" type="checkbox"/>	kg	1,0	686,279	686,279	1,000	<input checked="" type="checkbox"/> Löschen

Eingebunden in 132 eigenen Prozessen bzw. Kernprozessen. Anzeigen
 Eingebunden in 13 anderen benutzerdefinierten Prozessen.

Inventar							
Subprozesse + Produkt hinzufügen + Produkt hinzufügen (Erweiterte Suche) <input checked="" type="checkbox"/> Alle Löschen							
Bezeichnung	Einheit	Menge	y_{spec} [m ² ·a/q]	a_{part} [m ² ·a/Einheit]	Verteilung		
Diesel ex refinery	kg	1,000000	667,922	667,922	97,3%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Engine output construction machinery	MJ	0,004000	24,112	0,096	0,0%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Infrastructure Distribution Diesel	kg	1,000000	0,066	0,066	0,0%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Net electricity EU-27, medium voltage	kWh	0,040000	255,165	10,207	1,5%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Process energy, extra light fuel oil, industrial heater 1MW	MJ	0,027000	20,862	0,563	0,1%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Transport Pipeline onshore	tkm	0,061000	5,313	0,324	0,0%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Transport Railway	tkm	0,134000	22,127	2,965	0,4%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Transport Tankship inland waterways	tkm	0,132000	13,027	1,720	0,3%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Transport Truck 40t	tkm	0,045000	52,110	2,345	0,3%		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen

Impacts + Impact hinzufügen + Impact hinzufügen (Erweiterte Suche) <input checked="" type="checkbox"/> Alle Löschen							
Impacts in Wasser, Luft und Boden sind definiert durch das finale Anreicherungskompartiment (siehe Handbuch)!							
Bezeichnung	Einheit	Menge	y_{spec} [m ² ·a/q]	a_{part} [m ² ·a/Einheit]	Verteilung		
Adsorbable organic halides AOX (water)	kg	0,000000	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Aluminium (Al) (water)	kg	0,000000	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Ammonia as N (water)	kg	0,000000	-	0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Barium (Ba) (water)	kg	0,000000	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Benzene	kg	0,000000	-	0,032	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Boron (B) (soil)	kg	0,000000	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Cadmium (Cd) (soil)	kg	0,000000	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen
Calcium (Ca) (water)	kg	0,000003	-	< 0,001	-		<input checked="" type="checkbox"/> Löschen

Abb. 25 Beispiel Prozess aus SPionWeb (spionweb.tugraz.at/de/processes/298, 2013)

Auf derselben Seite etwas nach unten gescrollt wird nun das erwünschte Produkt dargestellt. Es besteht aus einer vom User definierten Einheit, der erwünschten Menge, welche beim Endprodukt immer eins ist und dem Produkt a_{tot} , welches sich aus a_{part} und der vorgegebenen Menge errechnet. a_{tot} stellt daher das Ergebnis, den berechneten Fußabdruck in m²·a pro Einheit dar (Abb. 25). Nachkommend folgen die Subprozesse, diese sind die Vorketten die in diesem Prozess inkludiert sind, wie zum Beispiel die Produktion von Roh- Hilfsstoffen und Energie. Multipliziert mit der Menge, die man als Input (Menge) benötigt, in diesem Falle normiert auf 1 kg

Hautprodukt, ergibt sich ein Teilfußabdruck a_{part} . Die Teilfußabdrücke aller Subprozesse werden addiert und man erhält den Gesamtfußabdruck a_{tot} .

Abschließend werden die Impacts (Emissionen), aus dem betrachteten Produktionsprozess, in ihrem jeweiligen Anreicherungskompartiment aufgelistet. Die Art des Kompartiments, also Wasser, Luft oder Boden, kann der Farbskalierung am Beginn der Bezeichnung entnommen werden.

Um einen gewissen Eindruck der weiteren Ergebnisdarstellung zu bekommen, kann in Abb. 26 die graphische Darstellung der gesamten Prozesskette dieses Beispielprozesses eingesehen werden.

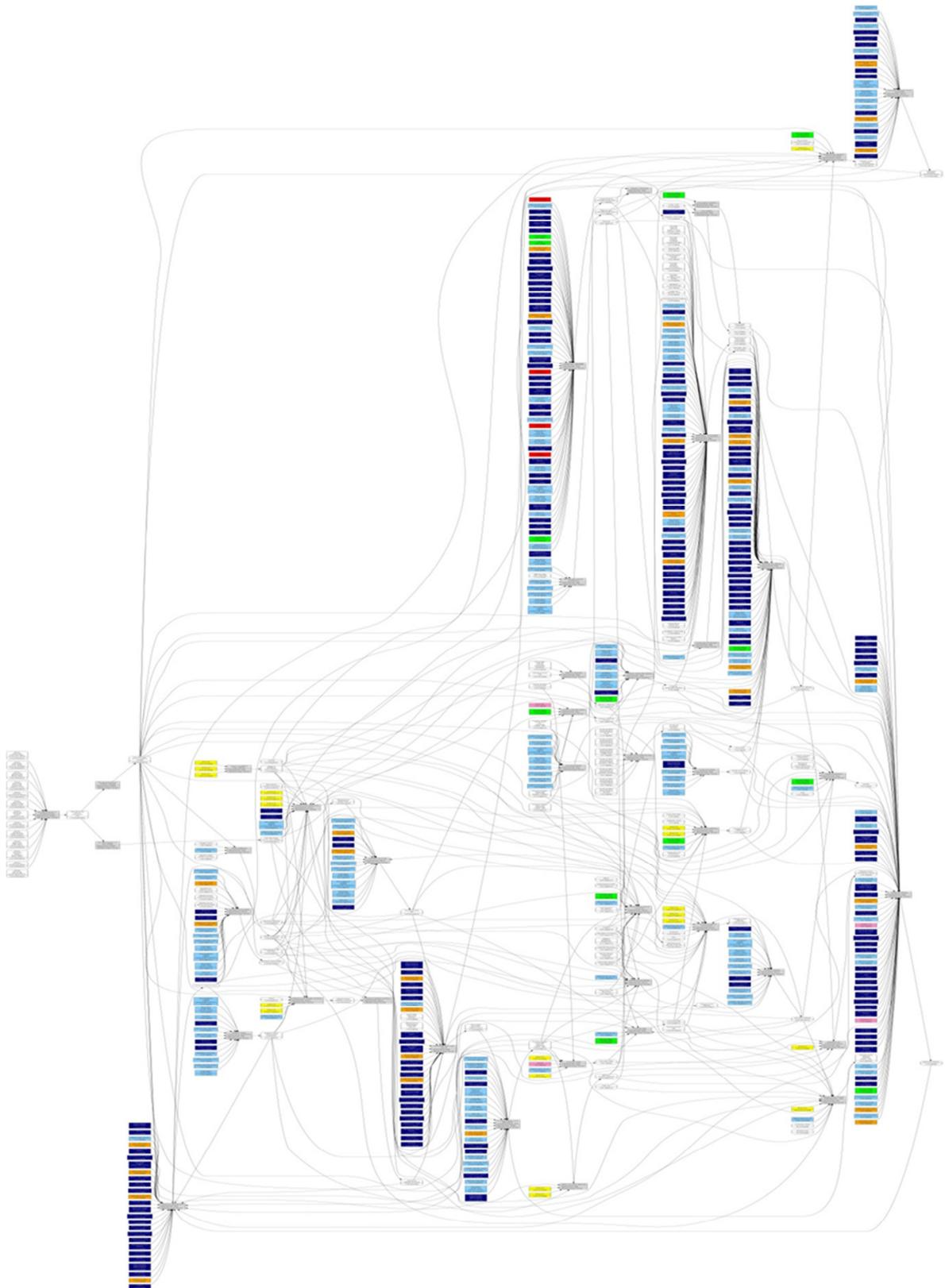


Abb. 26 Prozessgraph des Beispielprozesses aus SPionWeb (spionweb.tugraz.at/de/processes/298/results#, 2014)

4.5 Fußabdrucksallokation bei Prozessen mit Sekundärprodukten

In einigen Fällen produziert ein Prozess nicht nur ein Produkt sondern auch ein Nebenprodukt. Zum Beispiel liefert die Getreideproduktion immer das Hauptprodukt, das gewünschte Korn und als Nebenprodukt Stroh. In dieser Arbeit werden dazu zwei verschiedene Methoden verwendet um den Fußabdruck einem Produkt zuzuweisen (= Allokation).

Die erste Methode ist die Allokation nach Output. Dabei teilt sich der Gesamtfußabdruck mengenmäßig auf beide Produkte auf. Die zweite Methode ist die Allokation nach Preis, welche bei unterschiedlichen Wertigkeiten der Produkte Verwendung findet. Diese Methodik wird auch bei vielen Prozessen landwirtschaftlicher Produkte verwendet. Da das Korn einen höheren ökonomischen Wert als das Stroh hat, wird der Fußabdruck in dieser Allokationsmethode nach dem Preis pro Einheit verteilt. Wird zum Beispiel 1 kg Weizen mit 0,17 \$/kg und Stroh mit 0,07 \$/kg bewertet, wird der berechnete Fußabdruck zu 75,4 % an das Hauptprodukt Korn und nur zu 24,6 % an das Stroh verteilt. Dies stellt sicher, dass es zu einer gerechten Verteilung des Gesamtfußabdruckes kommt (KETTTL K. H., 2009).

5 Analyse der Datengrundlagen

Die Produktion von landwirtschaftlich erzeugten Gütern ist gekennzeichnet von einer großen Heterogenität im Bereich der ökologischen Voraussetzungen wie Bodenqualität und klimatischen Bedingungen, Größe der diversen Erzeuger und eingesetzte Mengen der verschiedensten Stoffe. Diese Systeme befinden sich in einer ständigen Weiterentwicklung der Technologien und sind weiters von größeren standortspezifischen Unterschieden gekennzeichnet. Eine große Schwierigkeit bestand in der Ermittlung der Basisdaten für die einzelnen Produktionssysteme. Die genaue Erhebung von betriebsspezifischen Daten würde das Ausmaß einer Diplomarbeit übersteigen, wäre aber für eine präzise Analyse von Umweltwirkungen spezifischer Anbauflächen unerlässlich (THEURL M. C., 2008).

Hierbei kann auf den ökologischen Fußabdruck für die Landwirtschaft (www.fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/agri_start.php), welcher ebenfalls am Institut für Prozess und Partikeltechnik der TU-Graz entwickelt wurde, verwiesen werden. Mit diesem ist es möglich, einzelne land- und forstwirtschaftliche Betriebe ökologisch zu bewerten. Im vergleichenden Ansatz, der in dieser Arbeit verfolgt wird, ist ein derart datenaufwändiges Verfahren und eine Untersuchung von standortspezifischen Betrieben jedoch nicht nötig.

Die Hauptgrundlage der Datenbereitstellung lieferten die „Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008“, herausgegeben vom BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) und im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur noch als Deckungsbeiträge betitelt.

Allgemein ist zu erwähnen, dass man ohne Probleme sämtliche wirtschaftlich relevanten Zahlen zur landwirtschaftlichen Produktion einsehen kann, kommt es jedoch zu den konkreten Produktionsschritten und deren Inputs, ist die Datengrundlage bei weitem nicht mehr so ausführlich. Selbst wenn man nach längerer Recherche einen potentiellen Ansprechpartner gefunden hat, heißt dies noch längst nicht, dass man auch zu verwertbaren Daten kommt. Nicht alle Inhaber landwirtschaftlicher Daten sind einer ökologischen Bewertung ihres Produktes gegenüber aufgeschlossen. Längere Wartezeiten auf die Beantwortung diverser Mailanfragen wurden zur Regel und es stellte sich als zweckmäßiger heraus, die betreffenden Personen telefonisch zu kontaktieren. Hat man ein Dokument gefunden, welches vom Titel her zur The-

matik passt, kann es immer noch an der Auswertung scheitern. Häufig werden Ergebnisse solcher Schriften nur zusammengefasst dargestellt und die relevanten Datengrundlagen sind nicht einsehbar oder die Bezugsflächen und Zeiträume sind nicht klar ersichtlich. Sind die Angaben zum Beispiel auf die Anbaufläche berechnet (also schon pro ha angegeben oder nicht), sind es wirklich Durchschnittswerte aus mehreren Jahren oder doch Absolutwerte eines Feldversuches und ist es möglich die Daten von einer Quelle mit einer anderen zusammenzuführen? Es hat sich eine Vielfalt an zu meisternden Herausforderungen gestellt.

5.1 Datenquellen der verschiedenen Produkte

Der Großteil der konventionellen sowie biologischen **Getreideproduktion** konnte aus den Deckungsbeiträgen entnommen werden. Zum Teil mussten die Werte in verwertbare Gewichts-, Zeit- und Energieeinheiten aus den Eurobeträgen der Deckungsbeiträge rückgerechnet werden, wobei weiterführende Sekundärliteratur Verwendung fand.

Im Bereich des **Gemüse- und Obstanbaues** gestaltete sich die Beschaffung der Rohdaten schon wesentlich aufwendiger. Die Hauptdatengrundlage für Obst und Gemüse sind wieder die Deckungsbeiträge sowie der Kurzbericht DAXBECK H. et al. (2011), bei den Gemüsedaten kommt noch JEZIK K. M., DEMERCI M. (2003) hinzu. Für die Sorten, die nicht in den Deckungsbeiträgen vorhanden waren, war es sehr schwierig bis unmöglich, brauchbare Daten durch Internetrecherche zu lukrieren. Erst durch das Kontaktieren der verschiedensten einschlägigen Institutionen, wie z.B. der Landwirtschaftskammer Steiermark, der Bio-Ernte Steiermark und deren zahlreiche Mitarbeitern konnte förderliche Literatur und darin enthaltene Daten und Fakten gesammelt werden.

Generell gilt, dass die Suche nach biologischen Obst- und Gemüseprozessen (sofern sie nicht in den Deckungsbeiträgen enthalten waren) wesentlich schwieriger war als die für konventionelle Prozesse.

Noch schwieriger gestaltete sich die Suche nach Daten für die Obst- und Gemüsesorten **exotisch** Herkunft (z.B. Orangen und Bananen). Hierfür wurden Studien und Berichte diverser Forschungseinrichtungen herangezogen und durch sehr zeitaufwändige Internet- und Literaturrecherche aller am Projekt beteiligten Personen Datengrundlagen erarbeitet. Schon zwischen Deutschland und Österreich gibt es unterschiedliche Bezeichnungen (ökologisch – biologisch); dies erschwert die Erhebung der Daten im Vergleich mit verschiedensten Ländern zusätzlich. Außerdem sehen in jedem Land die Deckungsbeiträge anders aus, was wiederum einige Zeit beansprucht, sich in die gefundenen Daten einzulesen, den Aufbau zu verstehen und daraus statistische Aussagen treffen zu können. Eine einheitlichere Bezeichnung des Produktionssystems des primären Sektors wäre erstrebenswert.

Die **Fleischproduktion** war hingegen zum Großteil in den Deckungsbeiträgen gut dargestellt. Durch die tatkräftige Unterstützung, die zahlreichen Mails und einige Interviews mit Mitarbeitern der Landwirtschaftskammer und der Bio-Ernte Steiermark, insbesondere von Herrn Ing. Martin Gosch, konnten die oft etwas unübersichtlichen und für Ungeübte schwer lesbaren Deckungsbeiträge entschlüsselt und in einem passenden Verhältnis in den SPionWeb übertragen werden.

Den **Fischfang** in SPionWeb als Fußabdruck darzustellen, barg mehrere Hürden. Es wurde in Fischzucht und Fischfang im offenen Meer unterschieden. Durch Literaturrecherche konnten die Hauptparameter eruiert werden. Für die Zucht konnten die verbrauchte Wasserfläche, die eingesetzte elektrische Energie, Diesel, einige Salze und Chemikalien sowie die Futtermenge aus BOSMA R. (2011) entnommen werden. Die Zusammensetzung des Futters war kompliziert; in TACON A. G. J. (1990) fand sich eine Anleitung. Neben diversen Pressrückständen aus der Ölinindustrie und einigen Getreidesorten besteht das Futter auch aus Fischöl und Fischmehl. Für SPionWeb bedeutet dies die Berechnung eines Kreislaufes, da das erzeugte Produkt (in diesem Fall der Fisch) zuvor schon (hier als Futter) in den Prozesskreislauf eingebunden wird.

Die biologische Fischzucht wurde durch eine Arbeit von WILSON C. (2007), welche die Biokarpfen Produktion einer österreichischen Aquakultur der ARGE Biofisch darstellt, abgebildet. Der Fang auf offener See setzt sich hauptsächlich aus dem von der Fangflotte verbrauchten Diesel zusammen.

Auch für die **Milchprodukte** war die Datenbeschaffung problematisch. Zu Beginn der Recherche stößt man auf Umwelterklärungen einiger Molkereien (z.B. Kärntnermilch etc.), diese waren jedoch nicht detailliert genug. Meist wird beispielsweise nur der gesamte Stromverbrauch eines Jahres angegeben. Da in einer Molkerei in der Regel aber mehrere verschiedene Produkte hergestellt werden, ist eine genaue Zuordnung der Ressourcen auf ein bestimmtes Produkt notwendig. Ein weiteres Hindernis war, dass oft nur die Menge der verarbeiteten Milch angegeben wurde, aber nicht die Menge der fertigen Endprodukte. In der Studie des BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (2000) wird der genaue Energieverbrauch der einzelnen Fertigungsprozesse in einer Molkerei beschrieben. Hier wurden die Daten tabellarisch aufbereitet und die Produktionsprozesse in einzelnen Unterkapiteln genauer beschrieben. Gab es mehrere Einheiten einer Maschine mit leicht voneinander abweichenden Energieangaben, so wurde ein Mittelwert gebildet. Die Rohmilch wird zuerst in Magermilch und Rahm getrennt, diese werden separat pasteurisiert und danach, je nach gewünschtem Fettgehalt der Milch, wieder zusammengeführt. Der durchschnittliche Rahmgehalt österreichischer Rohmilch wurde der AMA (2013) entnommen.

Zur **Käseproduktion** gab es mehrere Datenquellen: Der Milcheinsatz ist ein Mittelwert aus LIEB T. (2007) und BERGADER PRIVATKÄSEREI (2010) wobei die Käseerei Thomas Lieb zwischen biologisch und konventionell hergestelltem Käse unterscheidet. Die Energieinputs sind Durchschnittswerte aus den beiden genannten Dateien sowie vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (2000). Lab¹⁴ wurde nicht berücksichtigt.

Die Daten für die **Weinproduktion** stammen aus einem am Institut für Prozess- und Partikeltechnik der TU Graz in der Arbeitsgruppe Prozessbewertung zuvor durchgeführten Projekt-Viticult, in dem Daten einiger Weinbauern erhoben wurden. Detaillierte Angaben zur Weinproduktion kommen vom Weingut Lang, für den Traubeneinsatz pro Liter Wein wurde ein Mittelwert aller Bauern gebildet, die Energieinputs der Weinproduktion wurden an diesen Wert angepasst. Es wurde ange-

¹⁴ **Lab** (auch Laab, Kälberlab, Käsemagen) ist ein Gemisch aus den Enzymen Chymosin und Pepsin, welches aus dem Labmagen junger Wiederkäuer im milchtrinkenden Alter gewonnen und zum Ausfällen des Milcheiweißes bei der Herstellung von Käse benötigt wird (de.wikipedia.org, 18.12.2013).

nommen, dass die für die Weinproduktion benötigte Wärme zu gleichen Teilen aus Öl und Hackgut erzeugt wird.

Die Daten des Rohstoffs zur Weinproduktion, die **Traube**, wurden ebenfalls aus den Datengrundlagen des Vitikult-Projektes und zum Teil aus den Deckungsbeiträgen entnommen. Der konventionelle Prozess setzt sich aus einem Querschnitt über alle konventionellen Bauern, die aus Vitikult verwendbar waren und dem Eintrag in den Deckungsbeiträgen zusammen.

Die Werte der ökologischen Traube stammen aus den sehr detaillierten Angaben des einzigen biologischen Bauern dieses Projektes. Da es sich hier um Absolutwerte handelte, wurden diese für unsere Erfordernisse adaptiert.

Die Daten der **Zuckerproduktion** stammen aus dem Datenarchiv des Swiss Centre for Lifecycle Inventories (ecoinvent.com, 2014), in weiterer Folge nur noch kürzer als Ecoinvent bezeichnet; die Daten der **Bierproduktion** stammen aus einer Studie über die Brauerei Freistadt (freistaedter-bier.at, 26.11.2013), die **Honigproduktion** wurde aus den Deckungsbeiträgen entnommen.

Eine noch genauere Übersicht über die verwendeten Quellen ist in den jeweiligen Prozessen in SPInWeb ersichtlich.

6 Systemgrenzen der Produktprozesse

Wie schon in Kapitel 4.4 SPionWeb erwähnt, wird bei der Berechnung des Fußabdruckes in SPionWeb immer die gesamte Vorkette des Produktes (d. h. sämtliche Stoff- und Energieflüsse der Prozesse, die Rohstoffe, Hilfsstoffe, Infrastruktur, Transport und Energie zur Herstellung des Produktes bereitstellen) berücksichtigt. Diese relevanten Einzelkomponenten des Produktionsablaufes wurden entweder schon im Vorfeld oder im Laufe dieser Arbeit ökologisch bewertet. In dieser Arbeit wurde versucht die landwirtschaftlichen Produktionsprozesse möglichst detailgenau zu erfassen und abzubilden. Da es sich jedoch nicht um die genaue Bewertung einzelner Betriebe handelt, sondern um eine allgemeine Bewertung, wurden Systemgrenzen definiert, um den jetzt schon enormen Datenbedarf etwas in Grenzen zu halten. Diese Systemgrenzen der Produktionsabläufe für die bewerteten Lebensmittel wurden folglich definiert:

6.1 Pflanzliche Produkte

Der Fußabdruck der pflanzlichen Produktion setzt sich aus folgenden Parametern zusammen:

6.1.1 Düngemittel

In der Bewertung wurden mineralischer Dünger und Wirtschaftsdünger inkludiert. Die energie- und rohstoffaufwändige Produktion des mineralischen Düngers bringt einen relativ hohen Fußabdruck mit sich, insbesondere im Vergleich zum Wirtschaftsdünger. Der Wirtschaftsdünger wurde als bereits existierender Core-Prozess aus der Datenbank entnommen und beruht auf GAILLARD G. (1997). Die mineralischen Düngemittel wurden ebenfalls als schon existierend aus der Datenbank übernommen, jedoch nochmalig mit neueren Daten aus Ecoinvent 3 (2013) abgeglichen und überarbeitet. In beiden Fällen inkludieren die Prozesse alle Schritte von

der Rohstoff Gewinnung bis zur Ausbringung am Feld inklusive der Emissionen, die das jeweilige Düngemittel in Boden, Luft oder Grundwasser abgibt. Um eine doppelte Verrechnung zu vermeiden, wurde die Ausbringung mittels Traktor nicht in diesen Prozessen berücksichtigt, da diese Maschinenstunden schon in den jeweiligen Produkten enthalten sind.

Aufgrund der Aussagen der Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Steiermark wurde ein durchschnittliches Verhältnis von 60 % mineralischem zu 40 % Wirtschaftsdünger angenommen. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass die Grenzwerte für die Stickstoffausbringung eingehalten werden.

6.1.2 Pflanzenschutz

Die ökologische Bewertung von Pflanzenschutzmitteln stellt aufgrund der großen Anzahl von Produkten und dem relativ schlechten Zugang zu Daten eine besondere Herausforderung dar. Dennoch wurde versucht, die Hauptinhaltsstoffe der zahlreichen Pflanzenschutzmittel, welche in den Grunddaten nur namentlich Erwähnung fanden, zu eruiieren. Nach aufwändiger Recherche wurde die Herstellung der Wirkstoffe als SPI-Prozess dargestellt und zu jenem Anteil in den Pflanzenprozess eingebaut, zu dem sie in den eingesetzten Mitteln vorkommt. Aufgrund mangelnder Datengrundlagen wurde auf das Inkludieren von Träger und Füllstoffen zum jetzigen Zeitpunkt verzichtet. In Folgeprojekten sollen diese jedoch ergänzt werden. Für Pflanzenschutzprodukte, für welche es nicht möglich war ihre Hauptwirkstoffe zu ermitteln, wurde ein allgemeingültiger Prozess „pesticide unspecified“ generiert, welcher aus Ecoinvent 2.2 (2013) stammt.

In der biologischen Landwirtschaft wird zum Teil ganz auf Pflanzenschutzmittel verzichtet oder diese nur in geringsten Mengen eingesetzt.

6.1.3 Maschineneinsatz

Bei der Berechnung der ökologischen Auswirkung des Maschineneinsatzes wird die Leistung (kW), die Dauer (h) und die Arbeitslast berücksichtigt. Daraus ergibt sich der gesamte notwendige Treibstoffeinsatz. Als Treibstoff wurde ausschließlich Diesel eingesetzt und die Herstellung des benötigten Traktors anteilmäßig berücksichtigt.

6.1.4 Samen

Der verwendete Samen stammt zu größten Teilen aus der Pflanze selbst und inkludiert zusätzlich Produktionsenergie und diverse Infrastrukturanteile. Hierbei handelt es sich um einen Kreislaufprozess, da der Pflanzenprozess selbst in die Produktion des Samens miteinfließt, welcher wiederum in den Anbau der Pflanze geht. Auch diese Datengrundlagen stammen aus Ecoinvent 3 (2014).

6.1.5 Trocknung

Die Wärme, welche für die Trocknung benötigt wird, setzt sich im Verhältnis 70 % aus Öl, 25 % aus Gas und nur 5 % aus Hackschnitzel zusammen. Auch diese Angaben stammen aus der Quelle der Landwirtschaftskammer Steiermark und spiegeln daher den steirischen Durchschnitt wieder.

In seltenen Fällen wurden die Systemgrenzen der Produktionsprozesse erweitert um zusätzlich benötigte Subprozesse zu inkludieren. Ein Beispiel wäre hierfür die Verwendung von elektrischer Energie oder Diesel zu Betreibung von Wasserpumpen bei der Produktion von exotischen Lebensmitteln wie Orangen oder Bananen.

6.2 Tierische Produkte

6.2.1 Futtermittel

Die Art und Menge der Futtermittel spielt bei der Fleischproduktion immer eine relevante Rolle für den ökologischen Fußabdruck. Neben der zu verwendenden Menge sind die Zusammensetzung der Futtermischung und deren Produktion die größten bestimmenden Einflussgrößen für den Fußabdruck.

6.2.2 Energie

Hier fließt der spezifische Strom- und Wärmebedarf, welcher dem Produkt direkt zugeordnet werden kann, mit ein, z.B. der Heiz- und Strombedarf diverser Stallungen.

6.2.3 Jungtier

Auch der notwendige Anteil eines Jungtiers wird mit seiner gesamten Vorkette eingerechnet um am Ende 1 kg Fleisch des gewünschten Masttiers zu erhalten.

6.2.4 Schlachtgewicht

Alle fleischerzeugenden Prozesse beziehen sich auf das Schlachtgewicht des jeweiligen Tieres.

Auch bei den tierischen Produkten werden in Ausnahmefällen weitere Subprozesse inkludiert, wie z.B. die Infrastruktur eines Schiffes und dessen Dieserverbrauch zum Fang von Hochseefischen (NARODOSLAWSKY M. et al., 2011).

7 Vergleich der Lebensmittel innerhalb ihrer Gruppe

7.1 Getreide

Bei der Datenbeschaffung für die SPI-Bewertung haben die Getreideprozesse den Vorteil, dass die Produktionswerte vollständig aus den Deckungsbeiträgen entnommen werden konnten, wie schon im Kapitel 5 Analyse der Datengrundlagen erwähnt worden ist. Diese Kohärenz erleichtert die Bewertung enorm und führt zu einer guten Komparabilität der Ergebnisse.

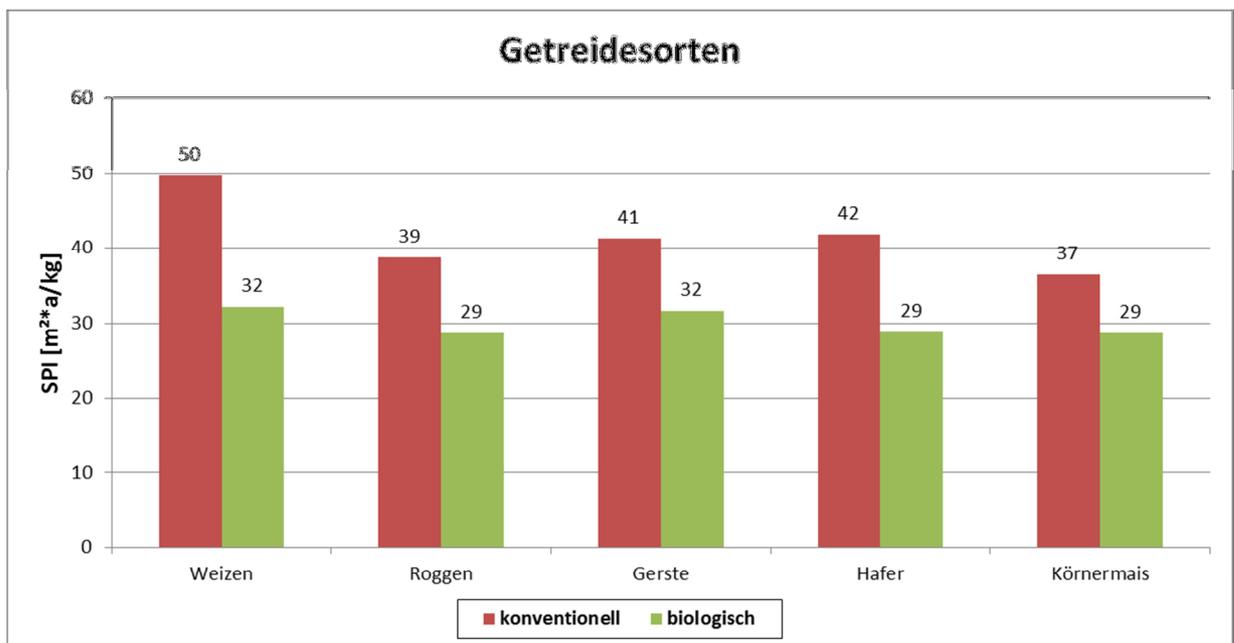


Abb. 27 Vergleich der Getreide SPI's [m²*a/kg]

Die gängigsten Getreidesorten wurden bewertet und miteinander verglichen. In Abb. 27 kann man den kleineren Fußabdruck des biologischen gegenüber dem konventionellen Anbau erkennen. Dieser Aspekt zieht sich durch sämtliche Getreidearten. Besonders bei der Weizenproduktion kann der SPI von 50 m²/kg auf 32 m²/kg, bzw. um 35 % reduziert werden. Um die Gründe hierfür ausführlich betrachten zu können, müssen die Ergebnisse dieses Produktes in SPionWeb näher betrachtet werden:

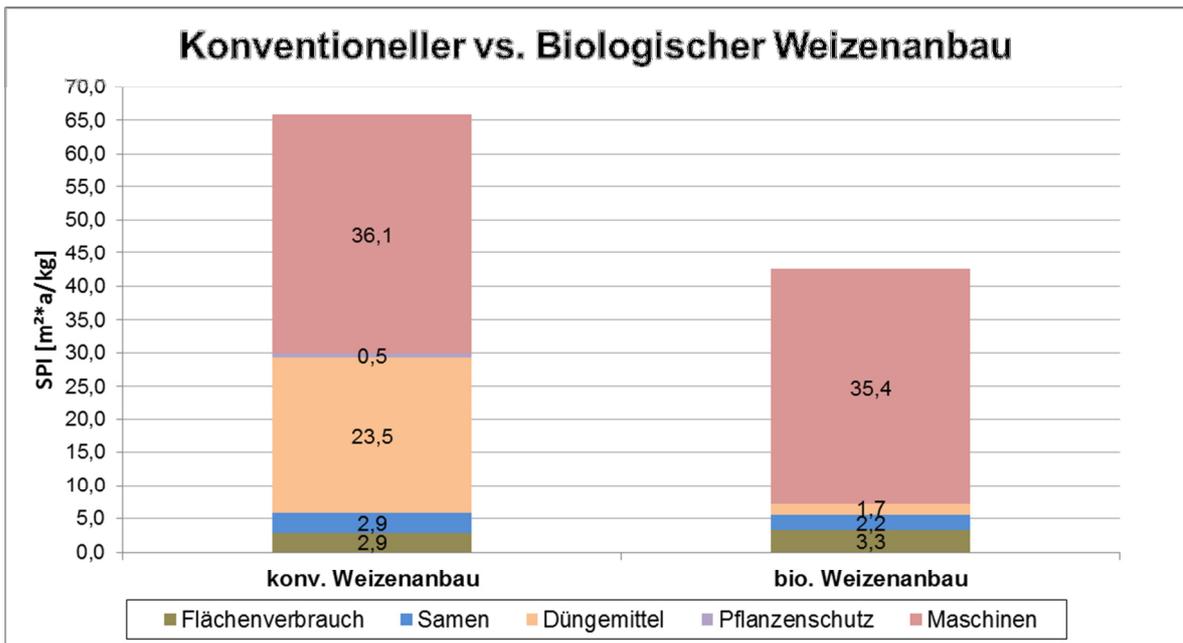


Abb. 28 Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Weizenanbau

Zuallererst ist zu erwähnen, dass der gesamte Fußabdruck in Abb. 28 größer ist als in Abb. 27, da es sich um die Inputmengen des gesamten Prozesses handelt, für das Endprodukt Weizen jedoch nur das tatsächliche Weizenkorn relevant ist. Hierzu wurde die Preisallokation, welche im Kapitel 4.5 Fußabdrucksallokation bei Prozessen mit Sekundärprodukten näher erklärt wird, angewendet, um den gesamten Fußabdruck auf Korn und Stroh zu verteilen.

Beim konventionellen Weizenanbau stehen der Düngemittelleinsatz mit 23,5 m², im Speziellen Stickstoff und Phosphor und die benötigten Maschinenstunden mit 36,1 m² am ökologischen Fußabdruck im Fokus. Der Pflanzenschutz sowie der Sameneinsatz und die verwendete Fläche an sich spielen eine eher untergeordnete Rolle. Bei der biologischen Anbauweise schlagen sich die die Maschinenstunden mit 35,4 m² am Fußabdruck ähnlich wie beim konventionellen Prozess zu Buche. Der Einfluss der Samen und die real verbrauchte Fläche halten sich ebenfalls in Grenzen. Die Reduktion erfolgt demzufolge beim Einsatz der Düngemittel. Der wesentlich geringere Einsatz von mineralischen Düngemitteln und der im Verhältnis höhere Anteil an Wirtschaftsdünger, der Verzicht auf Pflanzenschutz und in diesem Fall die sogar etwas geringe Anzahl an Traktorstunden verhelfen der ökologischen Weizenanbauvariante zu einem geringem SPI (kg/m²), trotz des etwas geringeren Ertrages (3,5 t/ha konventionell zu 3 t/ha biologisch). Erkennen kann man die

Ertragsdifferenz auch am höheren Anteil des direkten Flächenverbrauches im biologischen Anbau.

7.2 Obst

Bei der Darstellung der Fußabdrücke der verschiedenen Obstsorten in Abb. 29 sticht in erster Linie der Balken der konventionellen Tafeltrauben ins Auge. Dieser Ausreißer kommt vor allem durch den enorm hohen und aufwendigen Einsatz von Maschinenstunden und Pflanzenschutz im konventionellen Anbau zustande.

Das Fehlen der SPI's für den biologischen Erdbeer- und Bananenanbau ist auf die sehr mangelhafte und schlechte Verfügbarkeit der Datengrundlagen für den biologischen Obstanbau zurück zu führen. Es war leider nicht möglich, für diese Prozesse einen repräsentativen Fußabdruck zu generieren.

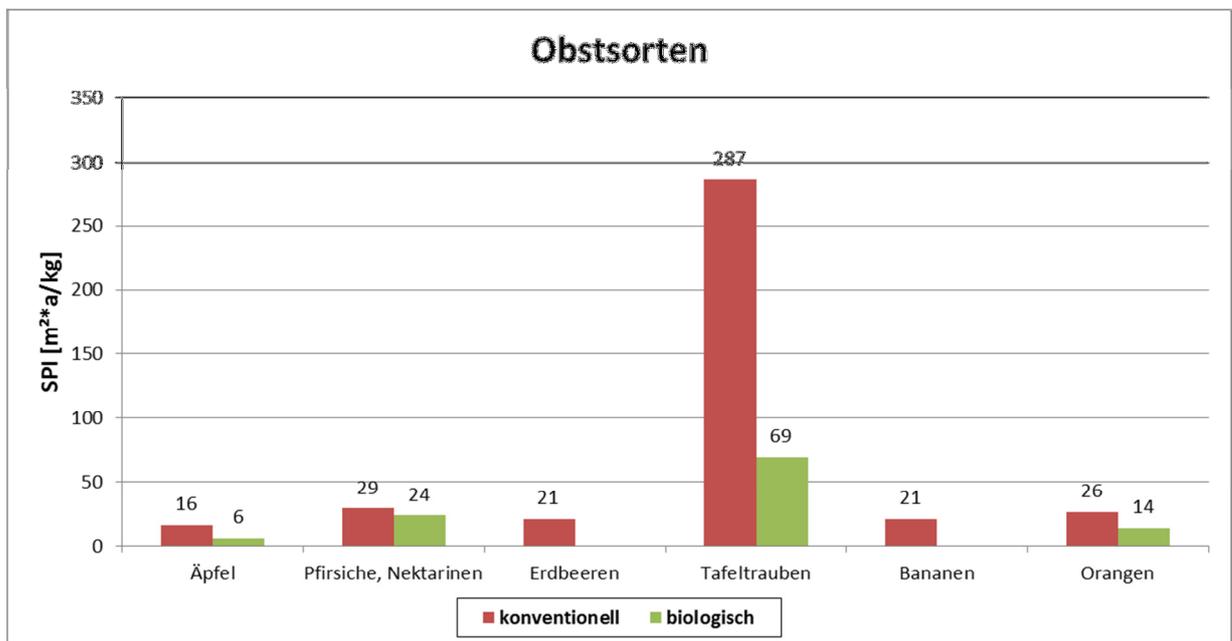


Abb. 29 Vergleich der Obst SPI's [m²*a/kg]

Um dem Lieblingsobst der Österreicher auch hier die gebührende Aufmerksamkeit zukommen zu lassen, wird der Apfelprozess näher betrachtet. Bei der Untersuchung der Äpfel wurde von einem durchschnittlichen Ertrag von 31 t/ha im konventionellen Bereich bzw. 20,5 t/ha in der biologischen Produktion ausgegangen

(Abb. 30). Wie bei anderen Obst- und Gemüsesorten stammt die Datengrundlage auch hier aus DAXBECK H. et al. (2011).

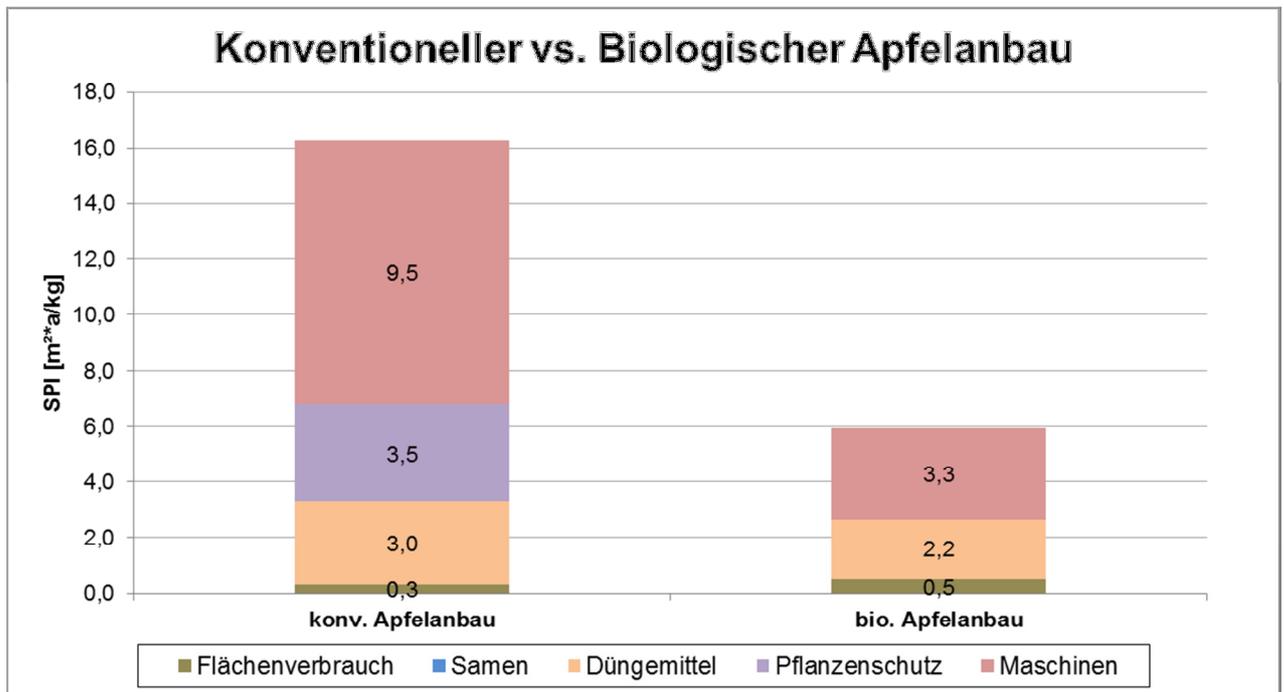


Abb. 30 Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Apfelanbau

Der konventionelle Bereich unterscheidet sich vom biologischen hauptsächlich durch den höheren Maschineneinsatz und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, welche beim biologischen Anbau zur Gänze entfallen. Zudem ist der Düngemittelleinsatz konventionell etwas höher. Ansonsten unterscheiden sich die beiden Produktionsverfahren nur geringfügig.

7.3 Gemüse

In Abb. 31 zeigt sich eine Trendumkehr. Im Vergleich zu den vorhergegangenen Lebensmittelgruppen ergibt sich bei der Gemüseproduktion durchgehend ein höherer Flächenverbrauch bei der biologischen als bei der konventionellen Produktionsweise, mit Ausnahme der Kartoffelproduktion. Dieses nicht unbedingt zu erwartende Ergebnis wird in Form des Paprikaprozesses als repräsentativer Prozess für die Gemüseproduktion genauer erläutert.

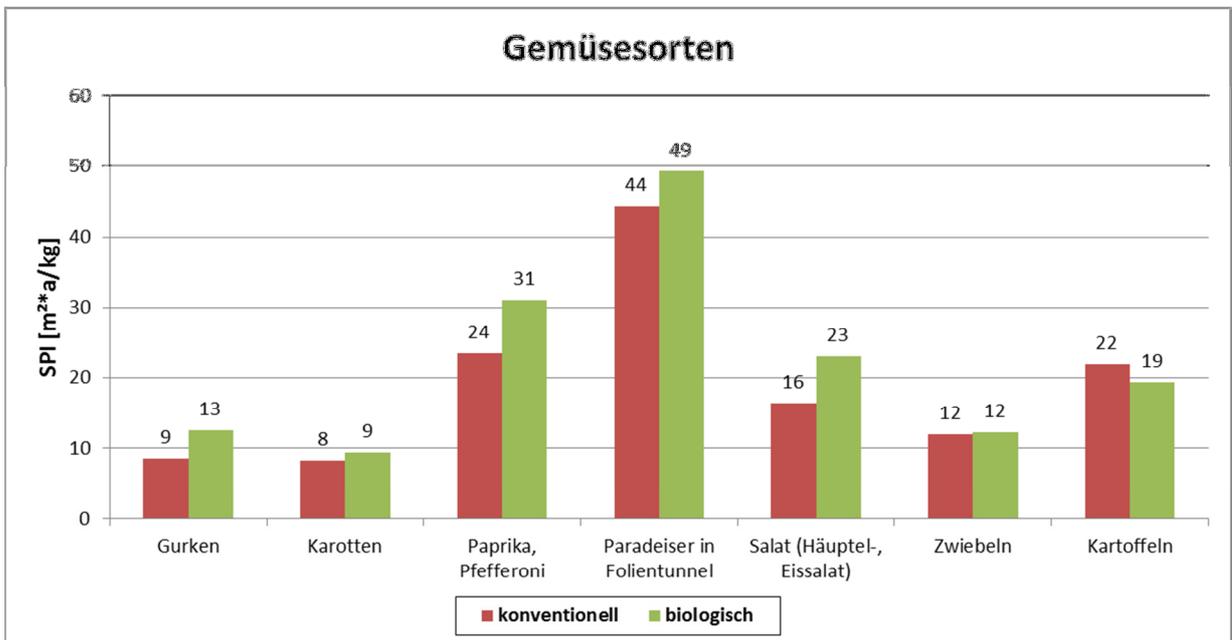


Abb. 31 Vergleich der Gemüse SPI [m²*a/kg]

Folgend wird der Paprikaprozess, dessen Inputdaten aus JEZIK K. M., DEMERCI M. (2003) stammen, näher betrachtet. Hierbei handelt es sich um einen Prozess, welcher den geschützten Anbau von Paprika darstellt und Elektrizität und Wärme inkludiert. Diese beiden Inputwerte wirken sich wegen des geringeren Ertrages (8098 kg/ha organisch zu 15750 kg/ha konventionell) auf den kg Paprika gerechnet in einem höheren Fußabdruck des organischen Prozesses aus. Trotz des höheren Düngemittelbedarfes (8,7 (m²*a)/kg konv. zu 5,5 (m²*a)/kg bio.) und des zusätzlichen Pflanzenschutzaufwandes in der konventionellen Produktion wirkt sich neben der elektrischen Energie und der Wärmebereitstellung vor allem der höhere Einsatz an Traktorstunden negativ auf den biologischen Prozess aus.

Alle hier diskutierten Einflussmengen können als Subprozesse und deren Mengen in Abb. 32 und Abb. 33 miteinander verglichen werden.

Subprozesse und deren Mengen des konventionellen Paprikaanbaues

Inventar		
Subprozesse		+ Produkt hinzufügen
Bezeichnung	Einheit	Menge
CORE Application of Ca-Fertiliser	kg	0,000313
CORE Application of K-Fertiliser	kg	0,004890
CORE Application of Manure Fertiliser	kg	0,008015
CORE Application of N-Fertiliser	kg	0,004443
CORE Application of P-Fertiliser	kg	0,002377
CORE Cyclic N-Compounds	g	0,015873
CORE Heat from District Heating Grid (fossil based on oil extra light) AT	kWh	0,017820
CORE Net electricity AT, medium voltage	kWh	0,011384
CORE Tractor (<70 kW), normal workload	h	0,001587
USER Transport, stacker	h	0,000444
CORE pesticide unspecified	g	0,022921

Abb. 32 Subprozesse und deren Mengen im konv. Paprikaanbaues aus SPIONweb
(spionweb.tugraz.at/de/processes/5680, 2014)

Subprozesse und deren Mengen des biologischen Paprikaanbaues

Inventar

Subprozesse + Produkt hinzuf.

Bezeichnung	Einheit	Menge
CORE Application of Ca-Fertiliser	kg	0,000392
CORE Application of K-Fertiliser	kg	0,000230
CORE Application of Manure Fertiliser	kg	0,003515
CORE Application of N-Fertiliser	kg	0,003495
CORE Application of P-Fertiliser	kg	0,001299
CORE Heat from District Heating Grid (fossil based on oil extra light) AT	kWh	0,036006
CORE Net electricity AT, medium voltage	kWh	0,023002
CORE Tractor (<70 kW), normal workload	h	0,002610
USER Transport, stacker	h	0,000938

Abb. 33 Subprozesse und deren Mengen im bio. Paprikaanbaues aus SPionWeb , (spionweb.tugraz.at/de/processes/5720, 2014)

In Abb. 34 erkennt man nochmalig sehr gut die dominante Einflussgröße des Traktors auf den gesamten Produktionsprozess. Mit über 11 (m²*a)/kg im konventionellen und sogar 19 (m²*a)/kg im organischen Anbau ist der Traktor, neben dem Stickstoffdünger, der Hauptverursacher des ökologischen Druckes. Hierfür wäre der Umstieg auf Biotreibstoffe eine Möglichkeit der Reduktion des ökologischen Fußabdruckes.

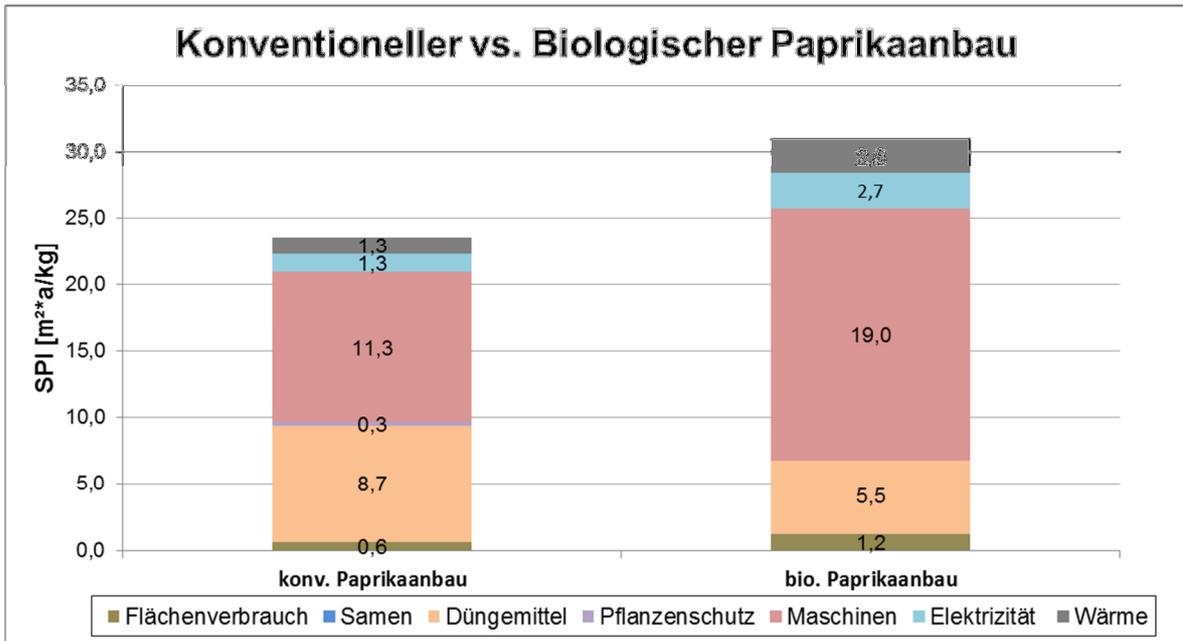


Abb. 34 Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse im Paprikaanbau

7.3.1 Einfluss verschiedener Anbauvarianten bei der Gemüseproduktion

Anhand der Tomatenproduktion werden verschiedene Anbauvarianten erläutert. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Freilandanbau und geschütztem Anbau. Beim geschützten Anbau wurden zwei gängige Systeme verwendet, der Folientunnel und das Glashaus. In diesen Anbauvarianten spielt vor allem der Wärmebedarf eine wesentliche Rolle, der tatsächliche Heizbedarf hängt sehr vom örtlichen Klima, den Sonnenstunden und von der Beschaffenheit der Gewächshausstruktur ab. Der geringere Wärmebedarf in einem Folientunnel hängt mit der kürzeren Wachstums- und Ernteperiode zusammen (8 Monate im Folientunnel zu 11 Monaten im Glashaus), die Heizperiode inkludiert im Folientunnel nur die ersten Wochen nach dem Pflanzen, wohingegen im Glashaus drei weitere heizintensive Wintermonate hinzukommen (STAJNKO D., 2014). Für die einfachere Vergleichbarkeit wird als Heizmittel in beiden Fällen Öl angenommen. Je nach Standort kommen in der Realität auch unterschiedliche Heizsysteme zum Einsatz. Zu beachten gilt außerdem, dass es je nach Literatur enorme Schwankungen zwischen den einzelnen Erträgen gibt. Hier müsste man standortspezifische Besonderheiten berücksichtigen, worin jedoch

nicht der Fokus dieser Diplomarbeit liegt und welches das Ausmaß dieser Arbeit überschreiten würde.

Aus diesen Gründen werden die Daten aus STAJNKO D. (2014) herangezogen und interpretiert. Daraus ist ersichtlich, dass die Anbauvariante in einem Glashauss einen um sechs Mal größeren ökologischen Fußabdruck, auf 1 kg bezogen, verursacht als der Anbau in einem Folientunnel. Dies ist hauptsächlich auf den höheren Wärmebedarf zurückzuführen. Einen noch gravierenderen Unterschied der beiden Prozesse verhindert der 1,8 fache Ertrag im Glashauss gegenüber dem Folientunnel, der durch die verbesserten und längere Wachstumsperiode zustande kommt (STAJNKO D., 2014).

Möchte man den ökologischen Fußabdruck reduzieren, müsste das Augenmerk auf das verwendete Heizmaterial gelegt werden. Aus ökologischer und meist auch aus ökonomischer Sicht sollte man weg von fossilen hin zu erneuerbaren Wärmebereitstellern wie Hackschnitzel, Pellets, erneuerbarer Fernwärme, Erdwärme, Abwärme aus Industriebetrieben oder auch der Gewinnung der Abwärme aus Abwässern mittels Wärmetauschern und Wärmepumpen tendieren (KOLLMANN R., et al. 2014).

Berücksichtigt man weiterführend auch den Transport des Produktes, so zeigt sich laut STAJNKO D. (2014), dass man mit einem 40 t Truck rund 1500 km fahren kann bis man denselben ökologischen Druck erzeugt wie die Differenz zwischen der Folien- und Glashaussproduktion ausmacht. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Fußabdruck des Wärmebedarfes in den Produktionsprozess inkludiert ist, welcher sich immer auf ein Jahr bezieht. Real wird aber nur in den Wintermonaten geheizt. Wenn man also wissen möchte, was es heißt, Tomaten aus wärmeren Gegenden im Winter nach Österreich zu transportieren, müsste man gerechterweise den gesamten Wärmebedarf in den kg „Wintertomate“ inkludieren und nur diese den ökologischen Auswirkungen des Transportes gegenüberstellen. Dies würde zu einer weit höheren möglichen km Anzahl führen.

Jedenfalls ersichtlich ist, was es heißt Gemüse - hier im Besonderen Tomaten - über das ganze Jahr hindurch zu erzeugen. Eine Tomate im Winter zu konsumieren ist mit einem erheblich höheren ökologischen Druck verbunden als diese im Sommer aus heimischer Produktion zu genießen.

Um sich darüber hinaus einen noch genaueren Überblick über diese komplexe Thematik, wie beispielsweise den Anbau in anderen Ländern und die nötigen Transportwege zu verschaffen, wird auf THEURL M. C. (2008) und STAJNKO D. (2014) verwiesen.

7.4 Fleisch

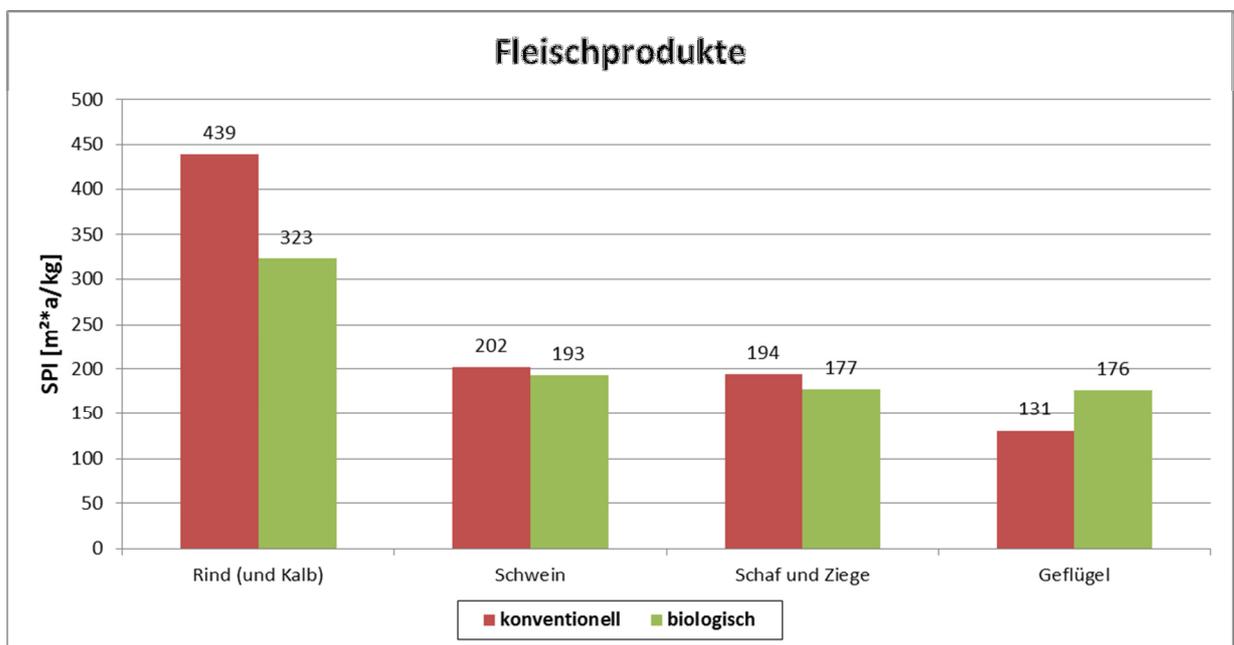


Abb. 35 Vergleich der Fleischproduktion SPI [m²*a/kg]

Bei der Fleischproduktion ergibt sich der unterschiedliche ökologische Druck zwischen konventioneller und biologischer Erzeugung vor allem aus der Zusammensetzung der unterschiedlichen Grundfuttermittel. Die biologische Herstellung der diversen Futtermischungen ergibt durchgehend einen geringeren Fußabdruck als die konventionelle Erzeugung. Am massivsten ist dieser Unterschied bei der Produktion von Rindfleisch, wie aus Abb. 35 entnommen werden kann. Der etwas höhere Ertrag im konventionellen Bereich kann diesen Unterschied bei den Vierbeinern nicht wettmachen, bei der Produktion von Hühnerfleisch jedoch schon. Hier verhelfen der automatisierte Ablauf der konventionellen Hühnerfleischproduktion, der kürzere Lebenszyklus des einzelnen Tieres und der dadurch geringere Einsatz an Mastfutter und Wasser, bei ähnlichen Erträgen, dem konventionellen Verfahren

zu einem geringeren ökologischen Fußabdruck. Hierzu ist es sehr wichtig zu erwähnen, dass eine rein ökologische Bewertung in solchen Fällen oft nicht ausreichend ist. Denn nicht nur der ökologische Druck sondern auch andere Faktoren, wie die artgerechte Haltung und Fütterung der Tiere, sowie die Qualität und der Geschmack des Fleisches sollten bei der Fleischproduktion eine relevante Rolle spielen. In Abb. 36 kann man die verschiedenen Eingänge zur Produktion 1 kg Hühnerfleisches genauer betrachten. In beiden Fällen geht als dominierender Faktor das Futter als Treiber des ökologischen Fußabdruckes hervor, gefolgt von Elektrizität und Wärmebedarf.

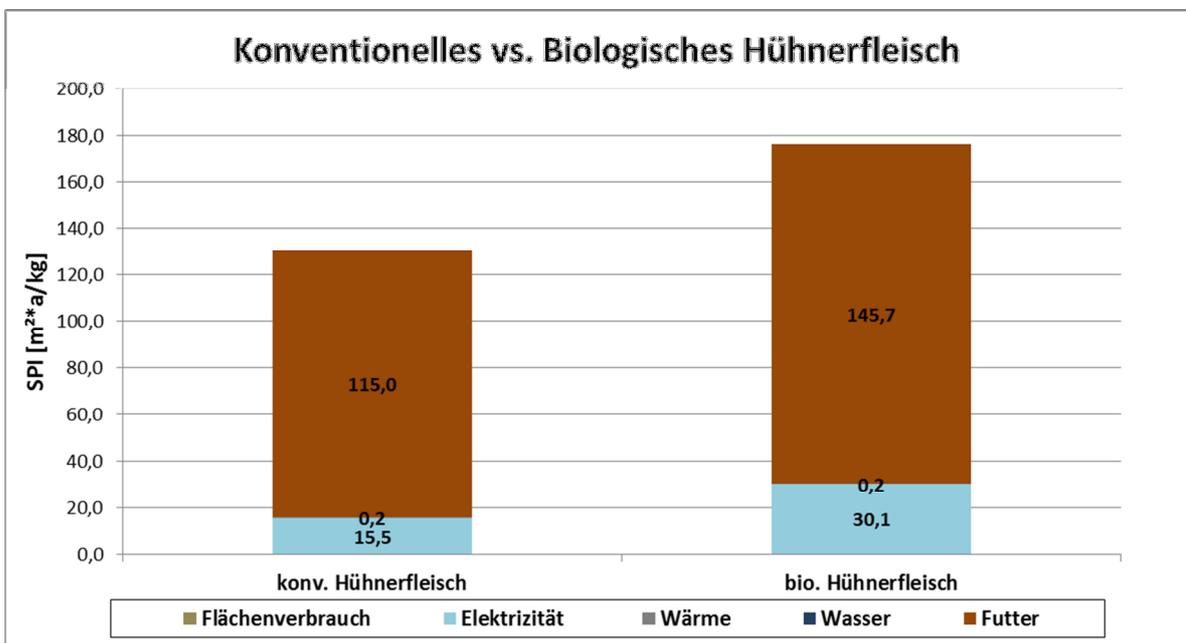


Abb. 36 Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse 1 kg Hühnerfleisches

7.5 Milchprodukte

Bei den SPI's der Milchprodukte setzt sich die Tendenz des höheren Fußabdruckes in den konventionellen gegenüber der biologischen Produktion fort. Dies ist nicht weiter überraschend; da es sich um ein tierisches Erzeugnis handelt ist die Zusammensetzung des SPI's ähnlich wie bei der Fleischproduktion des Rindes. Auch hier stammt ein beträchtlicher Teil des Fußabdruckes vom Futtermiteinsatz, welches wiederum den analogen Unterschied zwischen den beiden Produktionsarten erklärt. Der hervorstechend hohe Fußabdruck des Käses in rührt daher, dass in dessen Produktion schon einiges mehr an thermischer und elektrischer Energie inkludiert werden muss, sowie natürlich die größeren Mengen an Rohmilch um zu 1 kg Käse zu gelangen, als bei den anderen weiterverarbeiteten Milchprodukten.

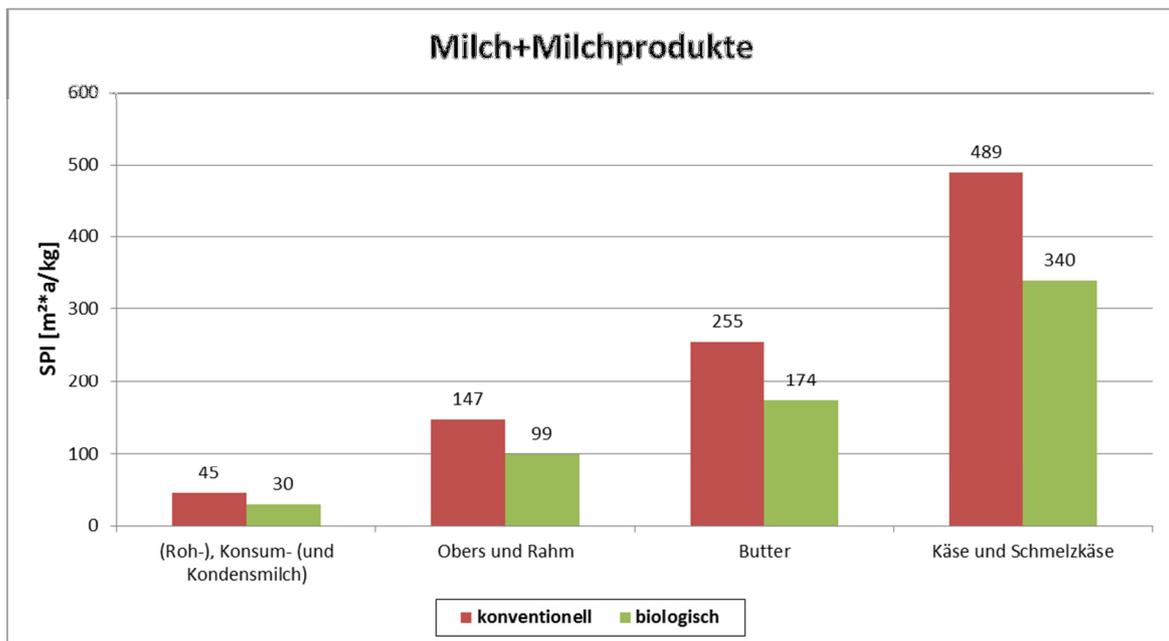


Abb. 37 Vergleich der Fleischproduktion SPI's [m²a/kg]

Auch hier ist zu erwähnen, dass wie beim Getreide auch aus der Milcherzeugung mehrere Produkte hervorgehen. Es entsteht die Rohmilch, weiters eine Altkuh und ein Kalb, jeweils nur zu dem für 1 kg Milch benötigtem Anteil und ebenfalls wieder nach dem jeweiligen Preis allokiert. Da für den Vergleich unterschiedlicher Lebensmittel nur das Endprodukt relevant ist, ist der absolut Wert in Abb. 37 geringer als in Abb. 38.

In der Diagrammdarstellung der Zusammensetzung des Fußabdruckes für 1 kg Rohmilch ist in Abb. 38 zu erkennen, dass auch hier der Futtermittelanteil in beiden Verfahren dominiert. Bei der biologischen Produktion spiegelt sich der geringere Einfluss des Biofutters mit 18,3 ($\text{m}^2\cdot\text{a}$)/kg zum konventionellen 34,8 ($\text{m}^2\cdot\text{a}$)/kg wider. Die nächst größere Einflussgröße des erzeugten Fußabdruckes ist der Anteil des Kalbes welches zur Milchkuh heranwächst. Weitere Einflussgrößen sind die erzeugten Methan Emissionen und die verwendete Elektrizität.

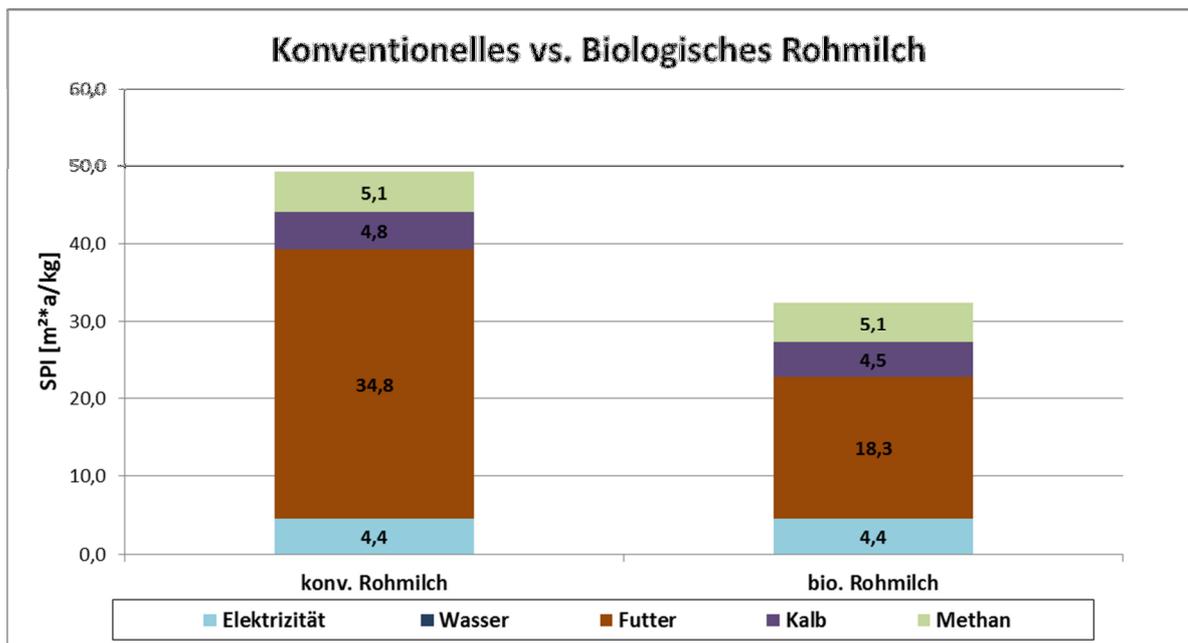


Abb. 38 Absolute Aufteilung inkludierter Prozesse 1 kg Rohmilch

Diese hier näher betrachteten Produkte stellen einen Auszug aus den gesamten bewerteten Produktionsprozessen dar, welche im Anhang eingesehen werden können.

8 Vergleich der Ergebnisse

Die Auswahl der bewerteten Lebensmittel wurde auf Basis des Konsumverhaltens eines durchschnittlichen Österreichers getroffen. Es entstand eine Bandbreite an produzierten landwirtschaftlichen Gütern, welche den täglichen Lebensmittelbedarf eines Österreichers widerspiegeln.

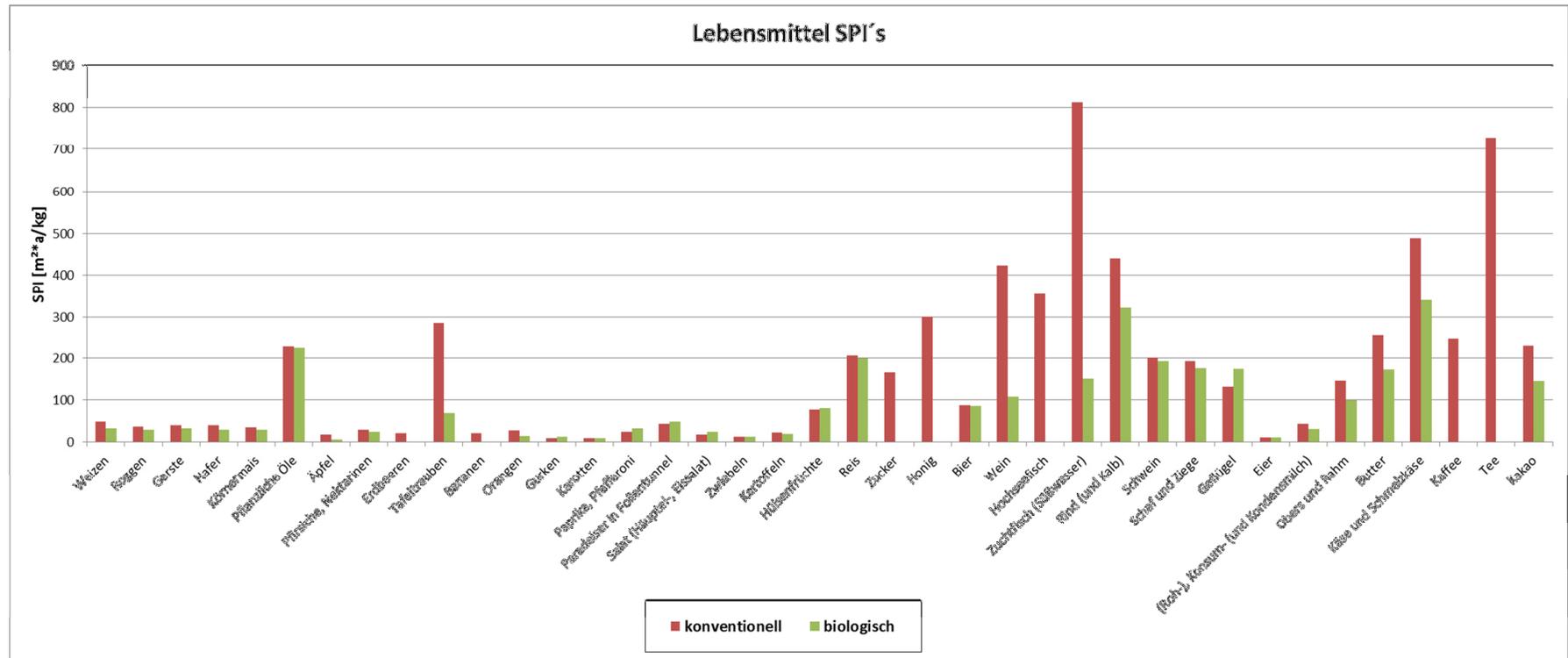


Abb. 39 Fußabdrücke aller Lebensmittelprozess

Abb. 39 zeigt die bewerteten Produkte in den zwei unterschiedlichen Anbauvarianten, konventionell und biologisch. Der X-Achse sind die einzelnen Lebensmittel zu entnehmen, auf der Y-Achse sieht man deren Fußabdruck in m² pro produziertem Kilogramm. Augenscheinlich ist hier der ungleich höhere Fußabdruck der tierischen im Vergleich zu den pflanzlichen Erzeugnissen. Ausgenommen sind die Exoten Kaffee, Tee und Kakao, welche sich in der Größenordnung der Fleischproduktion oder darüber bewegen. Auf die Gründe hierfür wird genauer in der Prozessbeschreibung dieser Produkte und im Anhang eingegangen. Um die positiven Auswirkungen einer fleischlosen Ernährung aufzuzeigen, wird Abb. 40 herangezogen. Trotz des höheren Konsums an Getreide, Gemüse, Kartoffeln, Hülsenfrüchten und Reis reduziert sich der Fußabdruck im Bereich Ernährung eines Vegetariers im Vergleich zum Durchschnittsösterreicher um 2,6 %. Noch drastischer gestaltet sich die Sache, bei einem kompletten Verzicht auf tierische Produkte, wie sämtliche Milchprodukte, Eier, und Fisch. Als Veganer kann man seinen Ernährungsfußabdruck um beachtliche 25,7 % reduzieren.

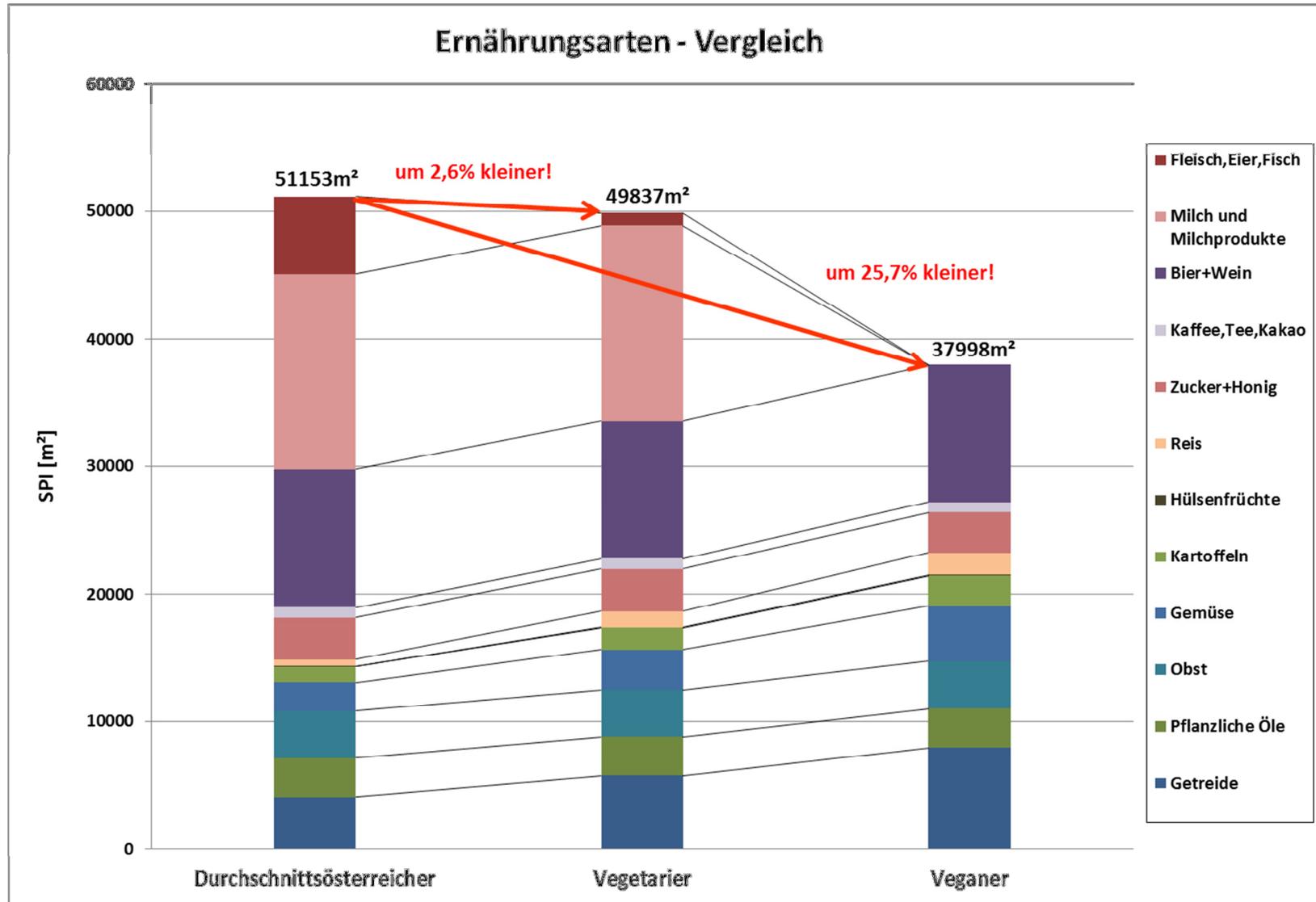


Abb. 40 Vergleich durchschnittlicher Fleischkonsum - Vegetarier - Veganer

Folgend wird nicht nur näher betrachtet wie viel Fläche (m²) bei der Produktion eines kg des Produktes verbraucht wird, sondern auch wie groß dessen Nährwert ist und wieviel Fläche für einen Kilojoule¹⁵ (kJ) der unterschiedlichen Produkte in Anspruch genommen wird.

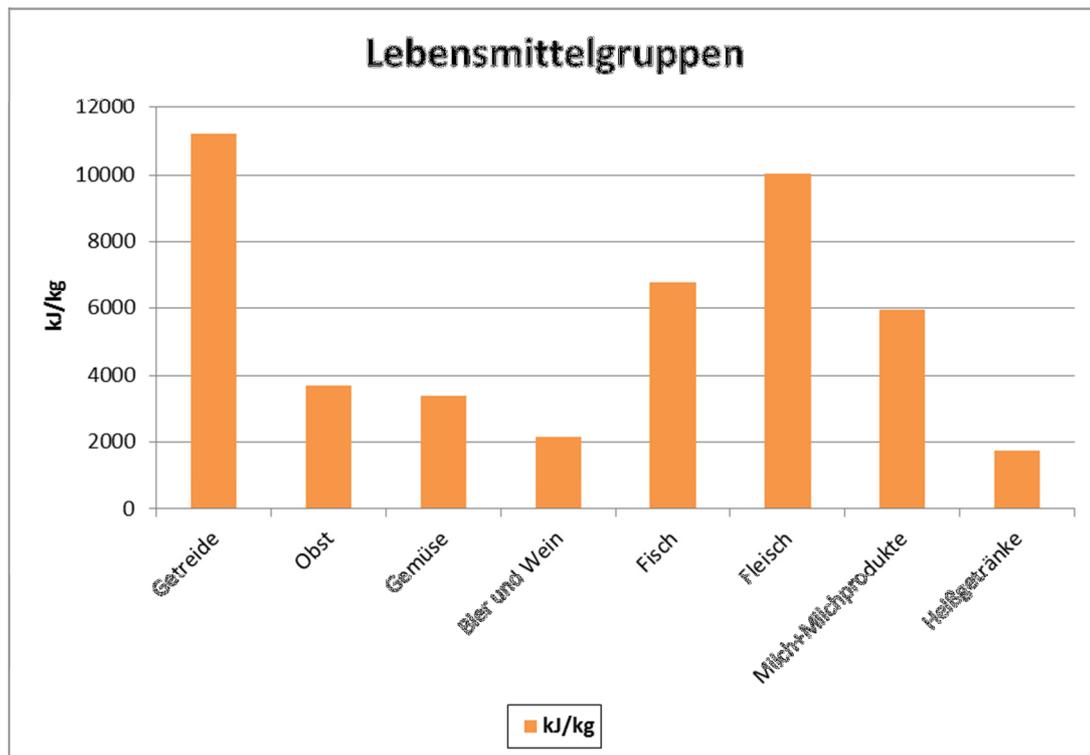


Abb. 41 Vergleich der Lebensmittelgruppen in kJ/kg

In Abb. 41 wird der hohe Nährwert von Getreide und Fleischprodukten deutlich. Der hohe Energieanteil (kJ/kg) dieser Produkte steht im Gegensatz zum geringen Energieanteil der Heißgetränke (Tee, Kaffee, Kakao). Vor allem bei Tee und Kaffee hält sich der Energieanteil in Grenzen. Dazwischen liegen sämtliche Obst-, Gemüse- und Milchprodukte sowie Bier und Wein. Um den Energiegehalt mit dem Fußabdruck in Verbindung zu bringen, wurden die m²/kJ berechnet. Hervorstechend sind in Abb. 42 erneut die Heißgetränke. Dies kann so interpretiert werden, dass der Produktionsaufwand und somit der Fußabdruck dieser exotischen Getränke im Verhältnis zum geringen Energiegehalt hoch ist. Vor allem bei Getreide ist dieses

¹⁵ Kilojoule (kJ, 1000 Joule) ist eine international gültige Maßeinheit für Energie. Sie wird unter anderem als Maßeinheit für den Energiebedarf des Menschen verwendet (siehe Grundumsatz, Leistungsumsatz). Ein Joule ist die Energiemenge, die man benötigt, um 100 Gramm (g) mit einer Kraft von 1 Newton (N) 1 Meter (m) hoch zu heben. Früher wurde die Energie im Zusammenhang mit der Ernährung in Kalorien (cal) beziehungsweise in Kilokalorien (kcal) angegeben. Es gilt folgender Umrechnungswert: 1 J = 0,239 cal, 1 kcal = 4,186 kJ. In Kilojoule (kJ) wird die bei der Verbrennung (Verdauung) von Nährstoffen im Organismus frei werdende Energie gemessen. Daraus lässt sich der Energiegehalt von Nährstoffen berechnen (sign-lang.uni-hamburg.de, 30.01.2014).

Verhältnis sehr gut. Möchte man bei geringem Flächenbedarf energiereiche Nahrung produzieren, setzt man also am besten auf Getreide, gefolgt von Gemüse und Obst. Bei Fleisch und Milchprodukten steigt der Flächenbedarf wieder etwas an. Auch die alkoholhaltigen Getränke Bier und Wein weisen für die von ihnen gelieferte Menge an Energie einen hohen Flächenverbrauch auf.

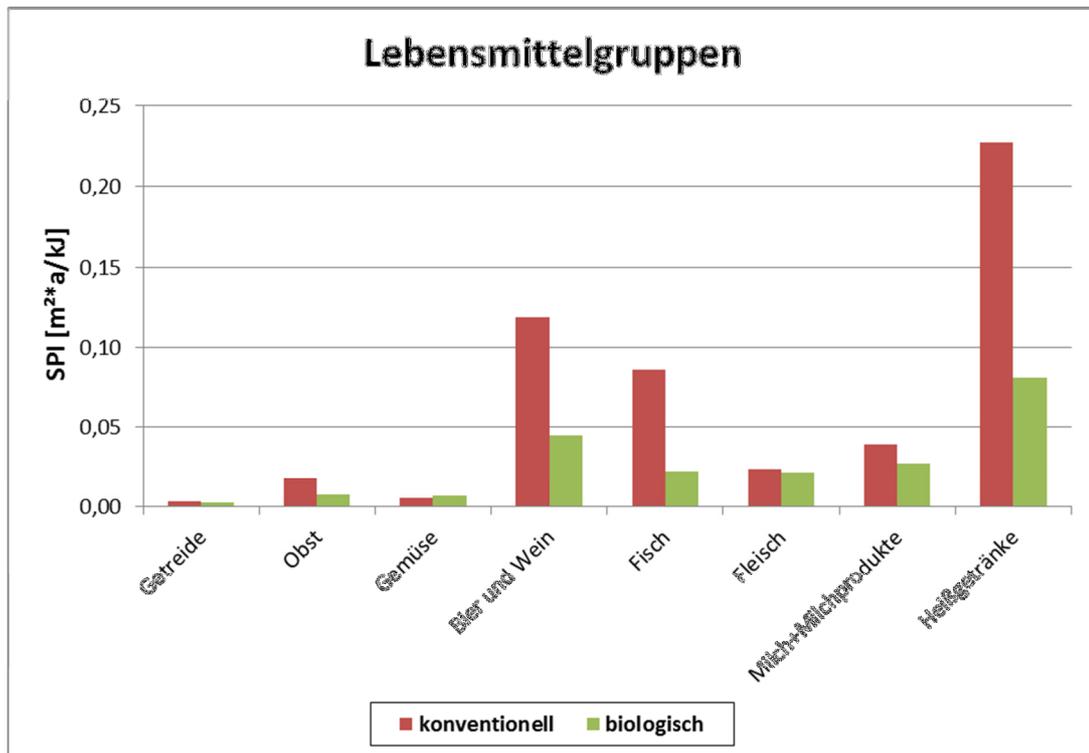


Abb. 42 Vergleich des SPI der Lebensmittelgruppen in m²a/kJ

9 Essen (k)eine Klimasünde? Globale sowie regionale Herausforderungen und deren Lösungsansätze

„Vom Acker bis zum Teller“: Unsere Ernährung beeinflusst das Klimageschehen. Die Landwirtschaft und unser Ernährungsverhalten rücken im Zusammenhang mit dem Klimawandel immer stärker in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Auf der einen Seite ist die Landwirtschaft Betroffener und mögliche Ernteauffälle wirken sich direkt auf das Lebensmittelangebot aus. Andererseits ist die Landwirtschaft, wie andere Wirtschaftszweige auch, durch die in den Ergebnissen dargestellten ungünstigen Produktionsprozesse, Mitverursacher des Klimawandels (LEBENS-MINISTERIUM, 2012).

Um die negativen Folgen für Mensch, Tier und Umwelt weitgehend zu minimieren, müssen in den kommenden Jahren diverse Maßnahmen zum Klimaschutz intensiviert werden. Sich auf neue technische Errungenschaften zu verlassen, reicht oft nicht aus. Es ist zu beobachten, dass der errungene technische Vorteil durch unser angepasstes Verhalten wieder zunichte gemacht wird. Es genügt nicht, neue Technologien zu entwickeln und einzusetzen, sondern auch der verantwortungsbewusste Umgang damit muss gelernt werden. Es geht um das Fundament jeder technischen Maßnahme, die Haltung der Menschen und deren Umgang mit Veränderung, letztlich um unser individuelles Verhalten und unseren Lebensstil. Das soll heißen, nur wenn wir auch bereit sind einen klimafreundlichen Lebensstil zu leben, werden klimafreundliche Technologien auf dem Markt eine Chance haben und ihre Potentiale entfalten können (KIRCHENGAST G., STEININGER K. et al., 2010).

Der globale Trend geht jedoch in die Richtung, dass nicht nur die Zahl der zu ernährenden Menschen weiter steigen wird, sondern sich auch deren Ernährungsgewohnheiten ändern werden. Traditionelle Zubereitungsformen treten immer mehr in den Hintergrund, während gleichzeitig der Konsum von verarbeiteten Lebensmitteln und dabei vor allem die Nachfrage an Fleisch global gesehen steigen werden (LEBENS-MINISTERIUM, 2012).



Abb. 43 Österreichische Ernährungspyramide für gesunde Erwachsene (www.ages.at, 24.07.2014)

Die Ernährungspyramide in Abb. 43 zeigt auf, dass Fleisch und Milchprodukte aus ernährungsphysiologischer Sicht ihren Platz in der Ernährung des Menschen haben.

Welche ökologischen Auswirkungen jedoch ein höherer Fleischkonsum hat, wird im Vergleich der Fußabdrücke [$\text{m}^2 \cdot \text{a} / \text{kJ}$] zwischen der Getreide- und Fleischproduktion in Abb. 44 veranschaulicht. Zur objektiveren Vergleichbarkeit wird hier wieder der Energiegehalt [kJ] der Nahrungsmittel herangezogen.

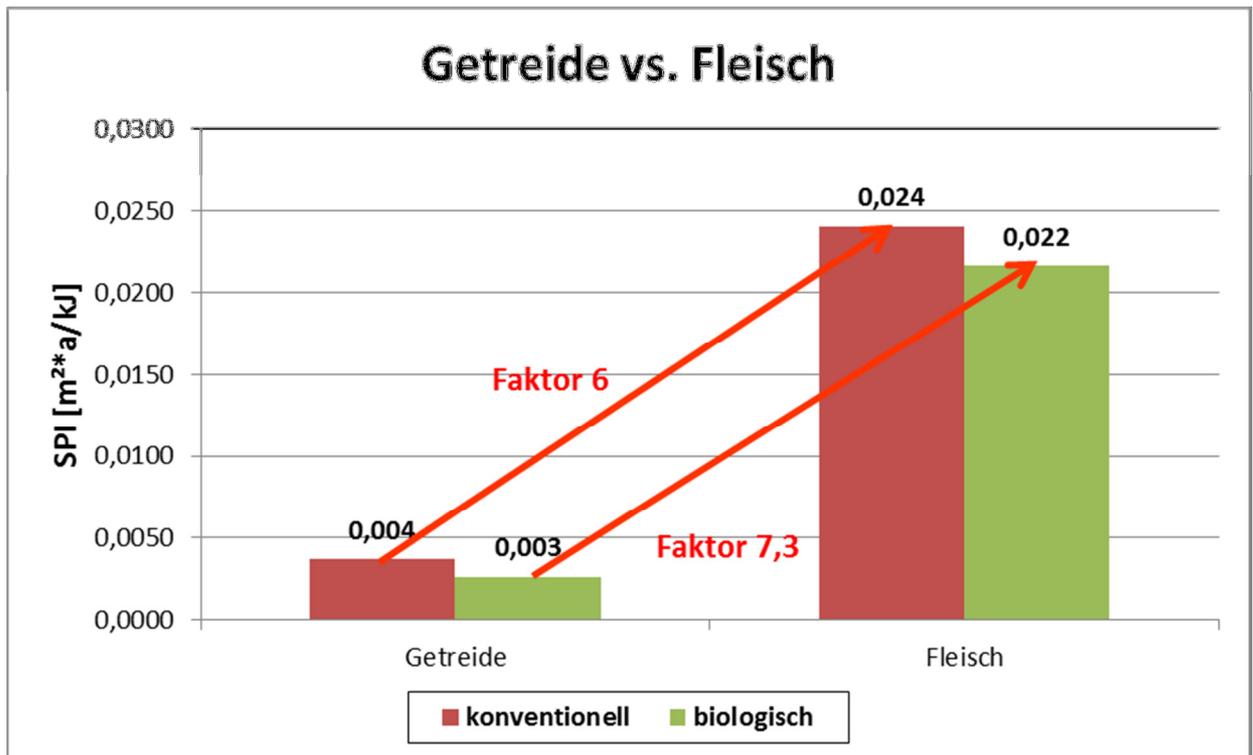


Abb. 44 Fußabdrucks Vergleich: Getreide und Fleisch, beides als konventioneller und biologischer Prozess [m²*a/kJ]

Die Getreideerzeugung hinterlässt in jeglicher Hinsicht immer einen geringeren Fußabdruck als die Fleischproduktion. Im hier dargestellten Fall ist der ökologische Fußabdruck der konventionellen Fleischproduktion auf ihren Energiewert [kJ] bezogen um das 6-fache größer als der der konventionellen Getreideerzeugung. Der Unterschied in der biologischen Landwirtschaft ist sogar noch größer und beträgt das 7,3-fache.

Vergleicht man die beiden repräsentativen konventionellen Prozesse Weizenanbau und Schweinemast miteinander, erfährt man aus Abb. 45, aus welchen Beiträgen sich der Fußabdruck zusammensetzt. Gemäß der Größe des Fußabdruckes erkennt man in Abb. 45 auf der linken Seite den großen Einfluss der landwirtschaftlichen Maschinen und des eingesetzten Düngers bei der konventionellen Weizenproduktion, sowie rechter Hand den großen Einfluss des Futtermittels in der konventionellen Schweinemast.

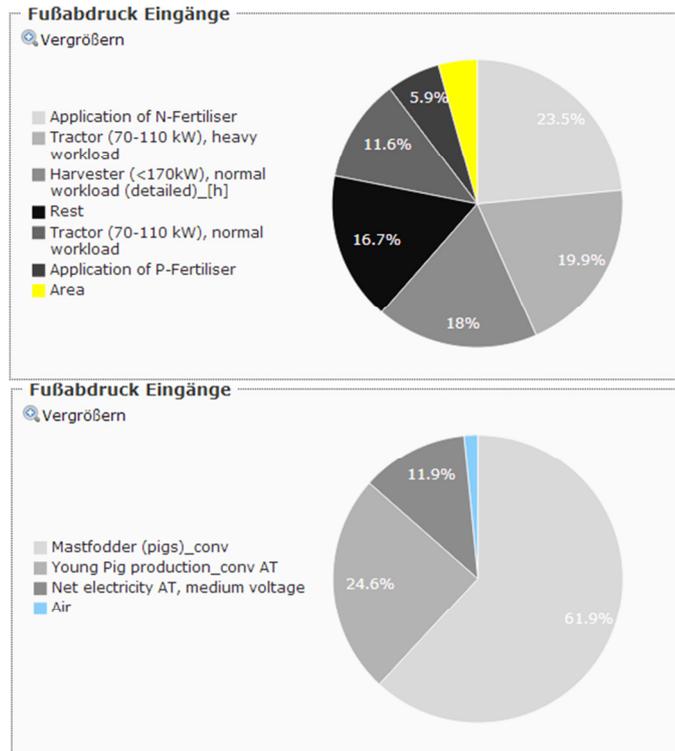


Abb. 45 links: Aufteilung Prozesse für 1 kg konventionellen Weizen; rechts: Aufteilung für 1 kg konventionelles Schwein (spionweb.tugraz.at/de/processes/1211und 5727, 2014)

Die Unterschiede der Emissionen der beiden Prozesse über den gesamten Lebenszyklus sind in Abb. 46 und Abb. 47 ersichtlich.

Impacts Übersicht

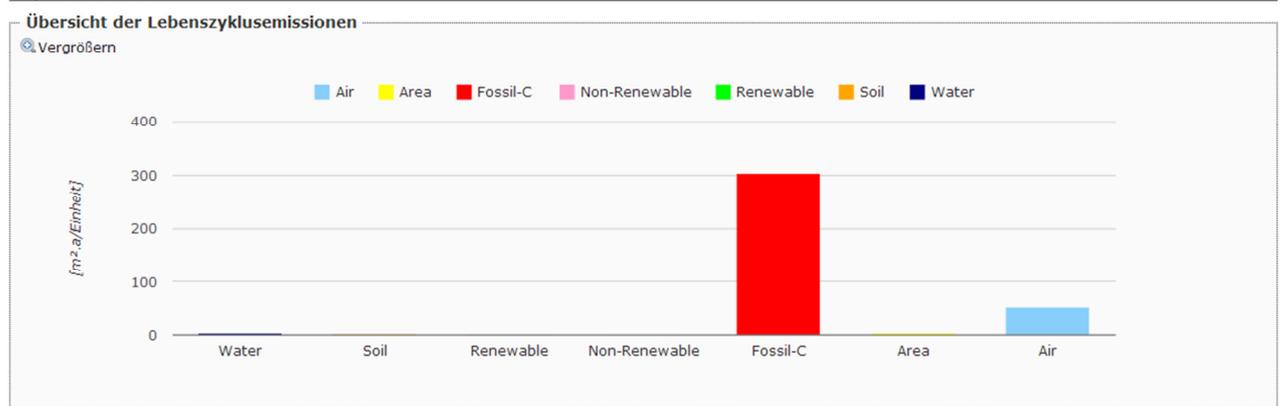


Abb. 46 Lebenszyklusemissionen des konventionellen Weizen Prozesses (spionweb.tugraz.at/de/processes/1211/results, 2014)

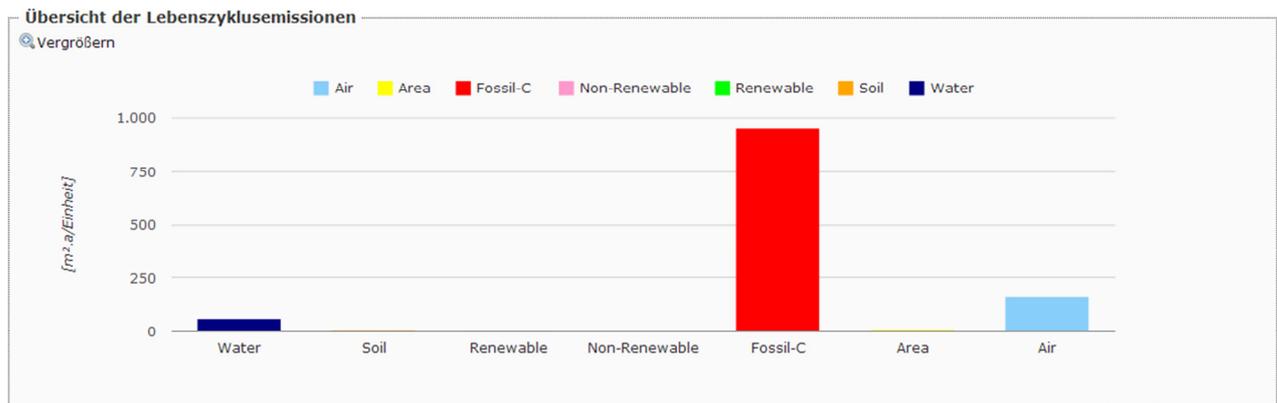


Abb. 47 Lebenszyklusemissionen des konventionellen Schweine Prozesses (spionweb.tugraz.at/de/processes/5727/results, 2014)

Hier stechen vor allem der dreimal so hohe Anteil des fossilen Kohlenstoffes ins Auge sowie der ebenfalls dreimal so große Anteil der Emissionen in der Luft und die zusätzliche Emission im Wasser des konventionellen Schweineprozesses gegenüber dem konventionellen Weizenprozess. Es ist klar ersichtlich, dass nicht nur die Verwendung der meisten biologischen Lebensmittel, sondern vor allem auch eine Reduzierung des Fleischkonsums ein enormes Einsparungspotential der Treibhausgasemissionen in sich birgt. Neben der Reduktion des Konsums und der ökologisch angepassten Tierhaltung und Fütterung gibt es einen weiteren zukunfts-trächtigen Lösungsansatz zur Verringerung unseres Fußabdruckes, wodurch trotzdem eine ausreichende Menge an Nährstoffen in unseren Körper aufgenommen wird.

In ihrem Bericht „Humans Bite Back“ empfiehlt die Welternährungsorganisation FAO (2010) auf konventionell erzeugtes Fleisch zu verzichten und stattdessen den tierischen Eiweißbedarf über Insekten zu decken. Weltweit gibt es über 1400 essbare Insektenarten, welche nicht nur gute, sondern auch in ihrer Produktion genügsame Eiweißlieferanten, sowie reich an Vitaminen, Mineralien und ungesättigten Fettsäuren sind (diepresse.com, 14.07.2014).

Die ernährungswissenschaftlichen Empfehlungen gegenüber einer typisch österreichischen Kost lautet, weniger Fleisch (2 bis 3 Mal pro Woche max. 150 g) und mehr pflanzliche Lebensmittel (täglich 5 handtellergroße Portionen Obst & Gemüse sowie 4 Portionen Getreide & Erdäpfel) zu sich zu nehmen (AGES, 2010).

Der Umgang mit unseren Lebensmitteln in jeglichem Bereich, wie Einkauf, Lagerung, Zubereitung, Abfallaufkommen sowie der Außer-Haus-Verzehr sind umwelt-

und klimarelevante Bereiche mit großem THG-Einsparungspotential. Eine umweltbewusste Kaufentscheidung und Ernährungsweise beinhaltet die Wahl von saisonalen, regionalen und biologischen Lebensmitteln sowie einer ausgewogenen Ernährung unter Betonung pflanzlicher Lebensmittel. Bei der Wahl des Transportmittels um seinen Einkauf zu tätigen, sollte das Auto so oft wie möglich stehen gelassen werden bzw. nur für Großeinkäufe genutzt werden (LEBENS MINISTERIUM, 2010).

In Bezug auf Saisonalität und Regionalität ist bei der Produktion von Obst und Gemüse darauf zu achten, dass es sich um im Freiland angebaute Produkte handelt, da diese deutlich günstiger für das Klima sind, als der Anbau außerhalb der entsprechenden Jahreszeit in beheizten Folientunneln und Treibhäusern. Die Unterschiede dieser Anbauvarianten können im Ergebnis teil unter 7.3.1 Einfluss verschiedener Anbauvarianten bei der Gemüseproduktion nachgelesen werden. Um die Transportwege zu minimieren, sind regionale Erzeugnisse bei gleichen Produktionsbedingungen immer vorteilhafter. Dies muss jedoch nicht für Produkte außerhalb der Saison gelten (LEBENS MINISTERIUM, 2012).

Der Faktor Abfallaufkommen ist ebenfalls relevant; der Konsument sollte auf jeden Fall darauf achten keine Lebensmittel zu verschwenden. Als besondere Gefahrenquelle für die Umwelt gelten hier vor allem Sonderangebote, die zum Kauf von mehr Produkten als benötigt werden verleiten. Jeder Österreicher wirft im Jahr laut SCHNEIDER F., LEBERSORGER S. (2009) durchschnittlich 30 kg Lebensmittel und Speisereste im Wert von 277 Euro weg.

Mit dem jeweiligen Einkaufsverhalten können die Konsumenten jedoch nicht nur über die THG-Emissionen, sondern generell über Gesundheit, Umweltqualität sowie soziale und faire Arbeitsbedingungen entscheiden (LEBENS MINISTERIUM, 2010). Die Zahl der internationalen Initiativen zur CO₂-Kennzeichnung und damit zur klimabezogenen Produktkennzeichnung ist seit 2008 stark gestiegen; es gibt weltweit bereits 400 verschiedene CO₂-Logos und Kennzeichnungen. Da es jedoch keine Standardisierung der Labels und des Fußabdruckes gibt, sind die Klimakennzeichnungen verschiedener Handelsketten nicht immer miteinander vergleichbar (ÖKO-Institut e.V., 2009).

Es wäre somit sehr wichtig, bewusster einzukaufen und sich nicht blind von Werbung, Marken und diversen Labels beeinflussen zu lassen, sondern sich selbst den einen oder anderen Gedanken über das erwählte Produkt zu machen. Beim täglichen Einkauf hat es jeder Bürger in der Hand ein starkes Signal in Sachen Klimaschutz zu setzen und bewusst jene Produkte zu forcieren, die möglichst geringe Auswirkungen auf die Umwelt haben (KIRCHENGAST G., STEININGER K. et al., 2010).

Abschließend zeigt die nachfolgende Liste die wichtigsten Punkte für ein nachhaltiges Verhalten auf, um damit den ökologischen Druck auf unseren Planeten zu verringern.

Klimaschutzmaßnahmen im Bereich Ernährung:

- Ausgewogene Ernährung mit einem Fokus auf pflanzlichen Lebensmittel
 - Vermehrter Konsum von biologischen Lebensmitteln
 - Saisonalem Obst und Gemüse aus Freiland den Vorzug geben
 - Frische, gering verarbeitete Lebensmittel statt Tiefkühl-Produkte
 - Hühnerfleisch und Schweinefleisch vor Rindfleisch - auf den Fußandruck bezogen
 - Regional ist erste Wahl, Flugzeugtransporte sind zu vermeiden
 - Energieeffiziente Haushaltsgeräte
 - Mit dem Fahrrad oder zu Fuß einkaufen, wenn Auto - dann Großeinkäufe
- (LEBENS MINISTERIUM, 2012)

10 Resümee

Die Aussage von Biopionier Werner Lampert im Standard Interview vom 19.5.2014 *“Bio ist ein aktives, alternatives Konzept um Landwirtschaft zu betreiben. [...] Bio ist ein Gesundheitskonzept für Böden, Pflanzen, Tiere, Menschen und die gesamte Umwelt.“* fasst gut einige Aspekte dieser Arbeit zusammen (derstandard.at, 13.08.2014).

Die Arbeit zeigt auf, dass biologischer Landbau nicht nur erstrebenswert, sondern in den meisten Fällen auch ökologisch sinnvoll, also mit einem geringeren Fußabdruck verbunden ist. Zusätzlich wird dargestellt, dass es unter gewissen Umständen auch zu einem geringeren ökologischen Fußabdruck in der konventionellen Anbauweise kommen kann. Vergleicht man beispielsweise den Fußabdruck von verschiedenen Nahrungserzeugungsketten, wie die eines bereits stark optimierten Lebenszyklus eines konventionellen Schlachthuhnes und dessen Futterbedarf (136 m²/kg konv. zu 176 m²/kg bio.), kommt es zu größeren Abdrücken im Biobereich. Weites wirken sich deutlich höhere Erträge in der konventionellen Gemüseproduktion mit dem in manchen Fällen höheren Bedarf an Maschinenstunden in der biologischen Produktion negativ auf den Fußabdruck des biologischen Produktes aus. Zum Beispiel übt der konventionelle Anbau von Paprika (24 m²/kg) einen geringeren Druck aus als sein biologisches Pendant (31 m²/kg).

Im Großen und Ganzen spiegeln sich jedoch die negativen Auswirkungen des Einsatzes von mineralischem Dünger und Pflanzenschutzmitteln in einem höheren Fußabdruck des konventionellen Anbauverfahrens wider.

Zur Transportthematik ist zu erwähnen, dass der Transport vor allem bei Produkten mit einem kleinen ökologischen Fußabdruck und/oder schlechten logistischen Eigenschaften wie Gras und Stroh ins Gewicht fällt. Prozentuell gesehen hat dieselbe Transportstrecke bei 1 kg Fleisch einen wesentlich geringeren Anteil als bei 1 kg Gemüse. Den ökologischen Druck eines Produktes wie Gemüse, dessen Produktionsprozess an sich einen eher geringen Fußabdruck erzeugt, mittels eines weiten Transportweges zu vervielfachen, sollte also nach Möglichkeit vermieden werden. In den ökologischen Fußabdruck fließen nicht die Vernichtung der pflanzlichen und tierischen Biodiversität, das Wohlergehen des Tieres und letztendlich der Ge-

schmack und die Qualität des produzierten Gutes mit ein. Es sind jedoch gleichermaßen bedeutende Größen.

Die Ergebnisse der Berechnung des ökologischen Fußabdruckes mittels SPionWeb können dazu dienen, dass der Konsument bezüglich Lebensmittelauswahl ein besseres Bewusstsein erlangt bzw. als Entscheidungshilfe fungieren. Generell lässt sich festhalten, dass der Konsument immer aktiv eine Rolle in der Produktionskette spielt (BUSSE T., 2006).

Im Falle von Fleisch und Milchprodukten hilft es nur sehr wenig von konventionellen zu biologischen Erzeugnissen umzusteigen um den ökologischen Druck zu verringern. Diese Produkte sollten vielmehr wieder als Luxusgüter angesehen und dementsprechend weniger konsumiert werden, denn nur die Reduktion oder besser noch der Verzicht dieser Waren hilft der Umwelt nachhaltig.

Im Sinne der Suffizienz sollten für den Konsumenten in Bezug auf den Klimaschutz der Verzicht bzw. der bedachte Konsum und die Minimierung der Lebensmittelabfälle im Vordergrund stehen. Danach sollten vegane oder vegetarische gefolgt von saisonalen und regionalen Produkten gewählt werden.

11 Ausblick

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine grundlegende Darstellung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse auf einen durchschnittlichen österreichischen landwirtschaftlichen Betrieb durch den Sustainable Process Index. Da die Einflussfaktoren auf die produzierten Güter von bäuerlichem Betrieb zu Betrieb variieren können, was sich wiederum auf den errechneten Fußabdruck auswirken würde, wäre eine genauere Betrachtung einzelner Betriebe zur detaillierteren Darstellung wünschenswert. Dies kann mit dem schon erwähnten ökologischen Fußabdruck für die Landwirtschaft umgesetzt werden (www.fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/).

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ergibt sich dadurch, den Menschen ihren persönlichen Lebensstil, hier in Bezug auf ihr Ernährungsverhalten, darzustellen und dadurch näher zu bringen, um eine Verhaltensänderung zur Reduktion ihres persönlichen Fußabdruckes zu bewirken. Auch hier findet sich eine Umsetzungsmöglichkeit wie z.B. in dem Projekt „Green Gang vs. Captain Carbon, welches mit spielerischem Ansatz zu einem ökologischeren Lebensstil motivieren soll (www.greengang.at/).

Ein weiteres wünschenswertes Endprodukt dieser Arbeit wäre es, die errechneten Ergebnisse in einem „Lebensmittelrechner“ umzusetzen. Dieser soll die gesamte Prozesskette, wie alle Transportwege und Schritte der Weiterverarbeitung, bis hin zum Konsumenten inkludieren. Eine mögliche geschmackvolle Darstellung wäre z.B. anhand eines Kochrezeptes möglich, welches den gesamten ökologischen Fußabdruck der verwendeten Lebensmittel darstellt. In diesem Sinne: „Auf in eine schöne ökologischere Zukunft.“

12 Literaturverzeichnis

AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH), 2010, 7 Stufen zur Gesundheit – die österreichische Ernährungspyramide, www.ages.at

AMA (AgrarMarkt Austria), 2013, Marktbericht: Milch und Milchprodukte, Marktbericht der AgrarMarkt Austria für den Bereich Milch und Milchprodukte, 5. Ausgabe, Wien, 24 S.

AUDSLEY E., ALBER S., CLIFT R., COWELL S., CRETТАZ P., GAILLARD G., HAUSHEER J., JOLLIETT O., KLEIJN R., MOTENSEN B., PEARCE D., ROGER E., TEILON H., WEIDEMA B., van ZEIJTS H., 1997, Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final Report Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission DG VI Agriculture, Silsoe, UK., 129 S.

BAYATY P., HÖBAUS E., 2013, Selbstversorgungsgrad und Verbrauch der Lebensmittel pro Kopf in Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion III Landwirtschaft und Ernährung; Wien, 7 S.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2000, Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung: Milchverarbeitender Betrieb, Augsburg, 88 S.

BERGADER PRIVATKÄSEREI, 2010, Umwelterklärung 2010 der Bergader Privatkäserei GmbH Standort Waging am See, 24 S.

BIO AUSTRIA, 2009, Bio-Landbau = Klimaschutz, Broschüre von Bio- Austria, mit der Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union, 11 S.

BIRNSTINGL-GOTTINGRER B., NARODOSLAWSKY M., ZACHHUBER C., KROTSHECK C., SELVICKA E., SCHRIMPF E., LAUBER V., RIEBENBAUER L., 2007, Landwirtschaft 2020 - Grundlage einer nachhaltigen energietechnischen Gesellschaftsentwicklung, Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“, eine Initia-

tive des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Wien, 180 S.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2008, Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, Referat II 2b – Beratung, Stubenring 1, 1012 Wien sowie Ländliches Fortbildungsinstitut (LFI) Österreich, Schauflergasse 6, 1014 Wien, 451 S.

BOGNER T., 2005, „Energiesparen im Haushalt durch energieeffiziente Geräte“ Materialien Handbuch, Wien, S. 5

BOSMA R., ANH P. T., POTTING J., 2011, Life cycle assessment of intensive striped catfish farming in the Mekong Delta for screening hotspots as input to environmental policy and research agenda; Int J Life Cycle Assess 16, S. 903 bis 915

BUSSE T., 2006, Die Einkaufsrevolution - Konsumenten entdecken ihre Macht, München: Karl Blessing Verlag, ISBN 9783896673121, 319 S.

DAXBECK H., EHRLINGER D., de NEEF D., WEINEISEN M., POLT M., KRAL I., HOLLER C., 2011, Kurzbericht - Pflanzenproduktion: Getreide, Gemüse, Obst (Österreich), Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO₂ -Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen) - Sustainable Kitchen, Projekt SUKI, 5. Zwischenbericht, Klimabündnis, Wien, 261 S.

DRAKE F., 2000, Global Warming, The science of climate change, Arnold Publishers, London, 273 S.

EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, Wie sich die Landwirtschaft der EU dem Klimawandel stellt. Generaldirektion Landwirtschaft und ländliche Entwicklung, Europäische Gemeinschaften, Brüssel, 15 S.

EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008, Grünbuch zur Qualität von Agrarerzeugnissen: Produktnormen, Bewirtschaftungsaufgaben und Qualitätsregelungen, Brüssel, 24 S.

EUROPEAN UNION, 2012, JRC Reference Report: The International Reference Life Cycle Data System (ILCD), Handbook - Towards more sustainable production and consumption for a resource-efficient Europe, 72 S.

FAO, 2010, Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Forest insects as food: humans bite back", ISBN 978-92-5-106488-7, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 232 S.

GAILLARD G., HAUSHEER J. und CRETZAZ P., 1997, Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau, Daten für die Erstellung von Energie- und Ökobilanz der Landwirtschaft, FAT-Schriftenreihe 46, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon CH-8356 Ettenhausen, 45 S.

GEBHARDT H., GLASER R., RADTKE U., REUBER P., 2007, Geographie: Physische Geographie und Humangeographie, Sav Geowissenschaften, ISBN 978-3-8274-1543-1, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1200 S.

GMÜNDER S., 2012, Klimawandel Ursachen, Folgen und Handlungsmöglichkeiten, Quartalsplanung, Fachdidaktik „Didaktisches Zertifikat Umweltlehre" ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 46 S.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung IPCC , Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor und H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, USA., deutsche Übersetzung durch ProClim, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 89 S.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, Climate Change 2007 – The Physical Science Basis, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 S.

ISO, 2006, ISO-norm, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework ISO 14040:2006, Switzerland, 2006.

JACOBET J., 2007, Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem. -
In:

ENDLICHER, W., GERSTENGARBE, F. W.[Hrsg.]: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, Geographisches Institut an der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II, S.1 – 16

JEZIK K. M., DEMERCI M., 2003, Erweiterung des Standarddeckungsbeitragskataloges für hochtechnisierte Gewächshäuser mit Rispaparadeisern, Paprika und Gurken; Forschungsprojekt Nr. 1225, Institut für Obst- und Gartenbau, Universität für Bodenkultur, Wien, 41 S.

KETTL K. H., 2009, Ökologische Bewertung von integrierten Technologiesystemen (insbesondere Industrieparks) durch den Sustainable Process Index, Masterarbeit am Institut für Prozess- und Partikeltechnik, TU Graz, 93 S.

KETTL K. H., 2012, Evaluation of energy technology systems based on renewable resources, Ph.D. thesis, Technische Universität Graz, S. 186

KIRCHENGAST G., STEININGER K. et al., 2010, Klimaschutzplan Steiermark, Perspektive 2020/2030, 26 Maßnahmenbündel für eine zukunftssichernde Klimapolitik in der Steiermark, Auflage 10, S. 37 und S. 55

KOLLMANN R., MAIER S., SHAHZAD K., KRETSCHMER F., NEUGEBAUER G., STOEGLEHNER G., ERTL T., NARODOSLAWSKY M., 2014, Waste water Treatment Plants as Regional Energy Cells – Evaluation of Economic and Ecologic Potentials in Austria, Chemical Engineering Transactions, Vol. 39, ISBN 978-88-95608-30-3, ISSN 2283-9216, The Italian Association of Chemical Engineering, 6 S.

KROTSCHECK C., NARODOSLAWSKY M., 1996, The Sustainable Process Index - A new Dimension in Ecological Evaluation. Ecological Engineering 6/4, S. 241-258

KROTSCHECK C., 1995, Prozessbewertung in der nachhaltigen Wirtschaft. Ph.D. thesis, Technische Universität Graz, S. 269

LEBENSMINISTERIUM, 2010, Lebensmittelbericht Österreich 2010, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion III Landwirtschaft und Ernährung, Wien, 144 S.

LEBENSMINISTERIUM, 2011, Grüner Bericht 2011, Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Die Republik Österreich, vertreten durch den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, Abteilung II 5, Wien, 339 S.

LEBENSMINISTERIUM, 2013, Grüner Bericht 2013, Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Die Republik Österreich, vertreten durch den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, Abteilung II 5, Wien, 342 S.

LEBENSMINISTERIUM, 2012, Lebensmittel in Österreich Zahlen-Daten-Fakten 2011, Vom Erzeuger bis zum Verbraucher, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion III Landwirtschaft und Ernährung, Stubenring 12, Wien, 49 S.

LEBENSMINISTERIUM, 2013, Daten und Zahlen 2013, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Statistik Austria, Eurostat, Umweltbundesamt, Agrarmarkt Austria (AMA), Wien, 29 S.

LEBENSMINISTERIUM, 2013, Lebensmittel in Österreich Zahlen-Daten-Fakten 2012, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion III Landwirtschaft und Ernährung: Mag. Parisa Bayaty, Dr. Erhard Höbaus MSc, Wien, 2 S.

LEBENS MINISTERIUM, 2012, Klimawandel - "vom Acker bis zum Teller", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion III Landwirtschaft und Ernährung, Wien, 34 S.

LIEB T., 2007, Käserei Thomas Lieb: Umwelterklärung 2007, Lieb Thomas GmbH, Graukäseerzeugung, Weerberg, 16 S.

LOBNER K., 2008, Genuss ohne Klimaverdruss – ist das möglich? Ernährungsmedizin, 10 (3), S. 34 bis 40

McMICHAEL A. J., POWLES J. W., BUTIER C. D., UAUY R., 2007, Food, livestock production, energy, climate change, and health. Lancet, 370 (9594), S. 1253 bis 1263

MOIDL S., LENHART L., PEKNY W., 2008, Footprint, Der Ökologische Fußabdruck Österreichs; mit Unterstützung des Lebensministeriums, 3. Auflage, Wien, 16 S.

MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNGS-GESELLSCHAFT, 2005, Wetterkatastrophen und Klimawandel, Sind wir noch zu retten, Edition Wissen, pg Verlag, München, 264 S.

NARODOSLAWSKY M., 2007, Nachhaltige Goldgrube Landwirtschaft – das natürliche Ende einer unzeitgemäßen Wirtschaft; Montagsakademie: Wie werden wir morgen leben – wie wollen wir morgen leben? Karl – Franzens – Universität Graz, Graz, S. 117 bis 128

NARODOSLAWSKY M., KROTSHECK C., 1995, The sustainable process index (SPI): Evaluating processes according to environmental compatibility; Journal of Hazardous Materials, 41 (2+3), S. 383

NARODOSLAWSKY M., EDER M., NIEMETZ N., KETTL K. H., 2011, Ökologischer Fußabdruck der Biolandwirtschaft und ihrer Produkte, Vergleich zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise, TU Graz, Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Auftraggeber: Bio Austria, Graz, 21 S.

ÖKO-Insitut e.V., 2009, Memorandum Product Carbon Footprint, Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung, Berlin, 36 S.

RIPL W., BERKING K., 2013, Der Verlust von verdunstungsfähiger Landschaft als klimaändernder Faktor. Warum das Klima nicht als chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, sondern nur als Prozess verstanden werden kann, und weshalb geschlossene Wasser- und Stoffkreisläufe bewahrt oder wieder hergestellt werden müssen. Aufklärung & Kritik 3/2013, Heft 47: S. 198 bis 205

RIPL W., SCHEER H., 2007, Memorandum zum Klimawandel. Notwendige gesellschaftliche Reformen zur Stabilisierung des Klimas und zur Lösung der Energiefragen. Systeminstitut Aqua Terra (SAT) e.V., Berlin. Manuskript, 15.11.2007, 32 S.

SCHNEIDER F., LEBERSORGER S., 2009, Untersuchung der Lebensmittel im Restmüll in einer oberösterreichischen Region, Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Institut für Abfallwirtschaft, Hrsg. Land OÖ/Abteilung Umweltschutz, 60 S.

SCHÖNWIESE C.D., 2003, Klimatologie, 2. aktualisierte Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 440 S.

STAJNKO D., 2014, persönliche Beratung, Faculty of Agriculture and Life Sciences, University of Maribor, Pivola 10, Hoče, Slovenia.

STRASSER U., 2008, Global Change Skriptum, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, 469 S.

SUSTAIN, 1994, Forschungs- und Entwicklungsbedarf für den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich - (Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit) Im Auftrag der BBK, des BMWF und des BMUJF, Institut für Verfahrenstechnik der Technischen Universität Graz, Graz, 155 S.

TACON A. G. J., 1990, Fish feed formulation and production; Table of contents, Field Document 8, A report prepared for the project Fisheries Development in Qinghai Province; People's Republic of China, S. 27

THEURL M. C., 2008, CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien; Institute of Social Ecology IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna); Social Ecology Working Paper 110, ISSN 1726-3816, Vienna, 119 S.

UMWELTBUNDESAMT, 2010, Klimaschutzbericht 2010, REP-0267, ISBN 978-3-99004-068-3, Wien, 168 S.

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen), 2007, Zusammenfassung für Entscheidungsträger, Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel, Berlin, 20 S.

WILSON C., 2007, „Reducing the Environmental Impact of Aquaculture in the UK“, England, 96 S.

Internet

- <http://austria-forum.org/af/AEIOU/Landwirtschaft> (10.12.2013)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Agrarstruktur> (12.12.2013)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Dissipation> (05.08.2014)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Kyoto-Protokoll> (13.01.2014)
- http://de.wikipedia.org/wiki/Nordatlantische_Oszillation (04.08.2014)
- http://de.wikipedia.org/wiki/Suffizienz_%28%C3%96kologie%29 (28.07.2014)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauspotential> (13.01.2014)
- http://de.wikipedia.org/wiki/Wirtschaft_%C3%96sterreichs (10.12.2013)
- <http://derstandard.at/2000001325816/Industrialisierte-Landwirtschaft-ist-Totgeburt> (13.08.2014)
- <http://diepresse.com/home/leben/ausgehen/1391676/Was-soll-kann-darf-man-noch-essen?from=suche.intern.portal> (14.07.2014)
- <http://spionweb.tugraz.at/> (durchgängig 2013-2014)
- <http://tv.orf.at/program/orf2/20140507/710745401/378044> (08.05.2014)
- http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Indirekte_Auswirkungen_des_Klimawandels_auf_die_Gesundheit (15.01.2014)
- [http://www.ages.at/index.php?id=17249&L=0&sword_list\[\]=7&sword_list\[\]=Stufen&sword_list\[\]=zur&sword_list\[\]=Gesundheit&no_cache=1](http://www.ages.at/index.php?id=17249&L=0&sword_list[]=7&sword_list[]=Stufen&sword_list[]=zur&sword_list[]=Gesundheit&no_cache=1) (24.07.2014)
- <http://www.aquaterra-berlin.de/> (31.07.2014)
- <http://www.bio-austria.at/startseite/statistik> (13.12.2013)
- <http://www.bread.org/> (15.01.2014)
- <http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar4/hintergrund> (02.12.2013)
- <http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar4/szenarienrechnungen> (02.12.2013)
- <http://www.ecoinvent.ch/> (2012-2014)
- <http://www.ecoinvent.ch/> (durchgängig 2013-2014)
- <http://www.footprint.at/index.php?id=2679> (16.12.2013)
- <http://www.freistaedter-bier.at/disclaimer> (26.11.2013)
- http://www.fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/agri_start.php (06.08.2014)
- <http://www.fussabdrucksrechner.at/de/evaluation/food> (09.09.2014)
- <http://www.greengang.at/?p=21> (13.08.2014)
- <http://www.lebensministerium.at> (2013)

<http://www.lebensministerium.at/land/direktzahlungen/invekos.html> (12.12.2013)

<http://www.lebensministerium.at/lebensmittel/lebensmittelbericht/lebensmittelbericht.html> (05.12.2013)

<http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/hlex/konzepte/l4/l439.htm> (30.01.2014)

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/soziales/verbrauchsausgaben/konsumerhebung_2009_2010/ (15.12.2013)

www.emas.de (26.8.2013)

www.graukaese.at (26.8.2013)

www.gruenerbericht.at (11.12.2013)

13 Anhang

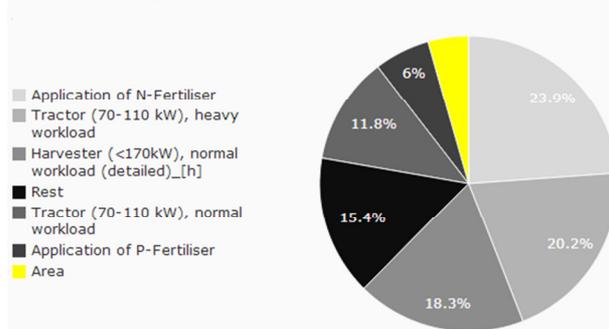
Im Anhang finden sich die Ergebnisbeschreibungen sämtlicher berechneter Prozesse, welche ebenfalls auf der Homepage zum ökologischen Fußabdruck, der Projektgruppe Prozessbewertung am Institutes für Prozess- und Partikeltechnik der Technische Universität Graz, eingesehen werden können (www.fussabdrucksrechner.at/de/evaluation/food, 09.09.2014).

SPIonWeb - Ergebnisse Weizen

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Weizenanbaus beträgt 49,7 m²/kg und ist somit um 55 % größer als der biologische mit 32,1 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,19 bzw. 0,13 kg/kg Weizen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

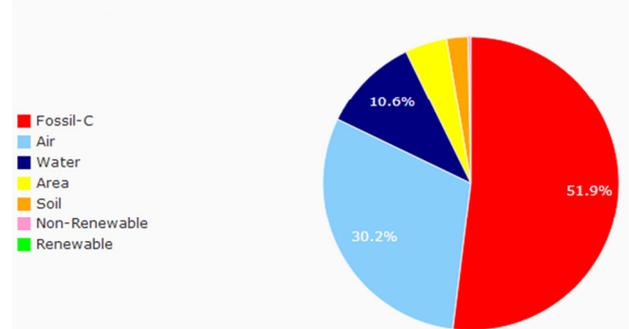
Konventioneller Weizenanbau SPI 49,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Stickstoffdünger hat mit 23,9 % den größten Einzelanteil am ökologischen Fußabdruck, fasst man den Einsatz verschiedener Traktoren jedoch zusammen, ergeben diese 36,4 %. Der Mähdrescher trägt mit weiteren 18,3 % zum Fußabdruck bei, Maschinenstunden machen somit 54,7 % des Fußabdrucks aus. Der Rest setzt sich aus weiteren Düngern, Pestiziden und der Ackerfläche zusammen.

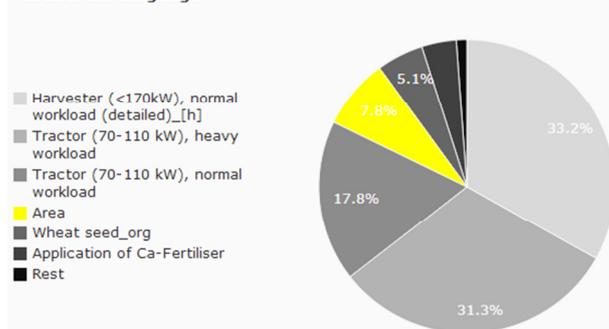
Fußabdruck SPI Kategorien



Die Wirkungen auf die Umwelt entstehen zu 51,9 % aus der Emission fossilen Kohlenstoffs. 30,2 % werden durch Emissionen in die Luft verursacht, Emissionen ins Wasser betragen 10,6 % der benötigten Fläche. Auch die Anbaufläche selbst hat mit 4,6 % einen Einfluss. Emissionen in den Boden machen 2,3 % aus.

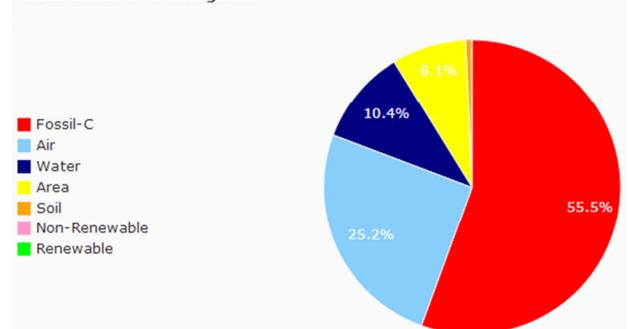
Biologischer Weizenanbau SPI 32,1 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Durch den sparsamen Düngemiteleininsatz im biologischen Anbau bekommt der Maschineneinsatz mehr Gewicht – 33,2 % des Fußabdrucks sind auf den Mähdrescher zurückzuführen, weitere 50,1 % auf den Einsatz von Traktoren. Der Einfluss der Ackerfläche (7,8 %), des Saatguts (5,1 %) und von Düngemitteln (3,9 %) beträgt zusammengenommen 16,8 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



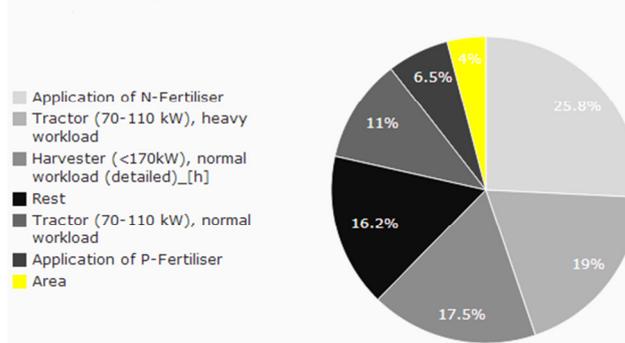
Fossile Kohlenstoffemissionen sind auch hier mit 55,5% hauptverantwortlich für den ökologischen Druck. Ein gutes Viertel wird durch Emissionen in die Luft verursacht, der Anteil der Emissionen ins Wasser ist mit 10,4 % dem des konventionellen Anbaus ähnlich. Die Anbaufläche beträgt 7,8 % des ökologischen Fußabdrucks.

SPlonWeb - Ergebnisse Roggen

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Roggenanbaus beträgt 38,7 m²/kg und ist somit um 35 % größer als der biologische mit 28,7 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,15 bzw. 0,12 kg/kg Roggen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

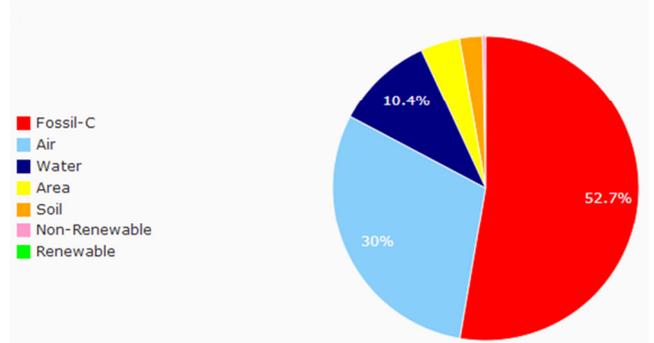
Konventioneller Roggenanbau SPI 38,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Stickstoffdünger ist beim konventionellen Roggenanbau für über ein Viertel des ökologischen Fußabdrucks verantwortlich. Die übrigen Düngemittel zusammen machen dagegen nur 12,6 % aus. Der Traktoreinsatz kommt auf 34 %, der Einsatz von Mähdreschern auf 17,5 %, somit machen Maschinen 51,5 % des Fußabdrucks aus.

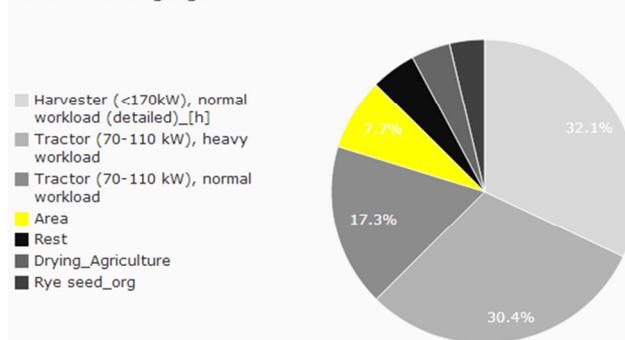
Fußabdruck SPI Kategorien



Über die Hälfte der Fläche des Fußabdrucks wird für Kohlenstoffemissionen benötigt. Weitere 30 % werden durch Emissionen in die Luft verursacht, 10,4 % durch Emissionen ins Wasser. Geringere Anteile haben der Verbrauch der Ackerfläche mit 4,1 % und Emissionen in den Boden mit 2,4 %.

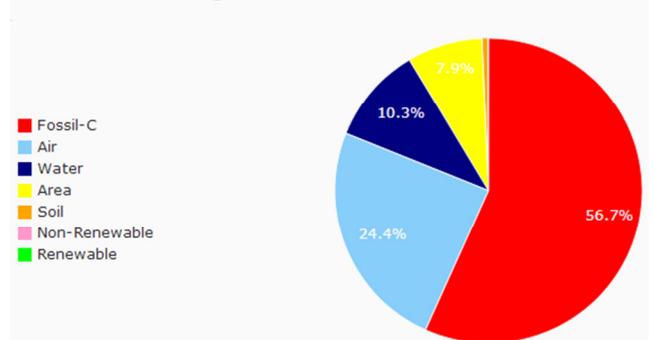
Biologischer Roggenanbau SPI 28,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Beim biologischen Roggenanbau ist der Anteil landwirtschaftlicher Maschinen mit insgesamt 80,8 % noch größer (Mähdrescher 32,1 %, Traktoren 48,7 %), dies ist vor allem durch den auf Kalzium- und Wirtschaftsdünger reduzierten Düngemiteleinsatz (insgesamt 3,8 %) sowie den geringeren Ertrag bedingt.

Fußabdruck SPI Kategorien



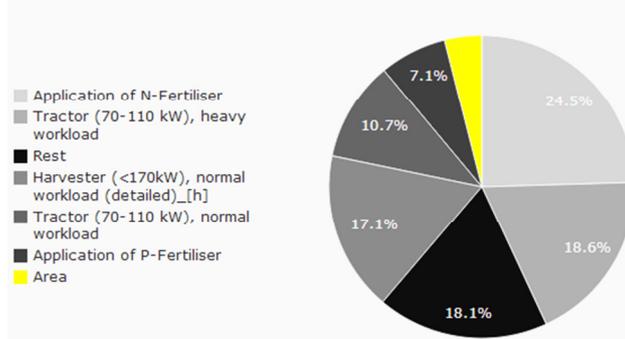
Die Emissionen fossilen Kohlenstoffs verursachen 56,7 % des Fußabdrucks, knapp ein Viertel ist auf Emissionen in die Luft zurückzuführen. Emissionen ins Wasser haben mit 10,3 % einen ähnlichen Anteil wie beim konventionellen Anbau, der Einfluss der Anbaufläche ist mit 7,7 % etwas höher.

SPlonWeb - Ergebnisse Gerste

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Gerstenanbaus beträgt 41,3 m²/kg und ist somit um 31 % größer als der biologische mit 31,6 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,15 bzw. 0,13 kg/kg Gerste. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

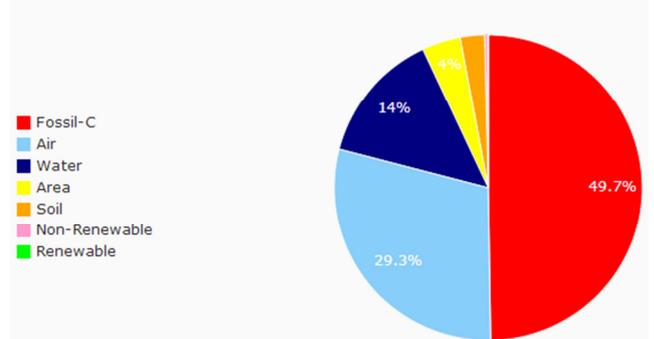
Konventioneller Gerstenanbau SPI 41,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Beim konventionellen Gerstenanbau ist Stickstoffdünger mit 24,5 % der Hauptverursacher des ökologischen Druckes, zählt man die Einflüsse aller landwirtschaftlichen Maschinen zusammen, erreichen diese jedoch einen noch größeren Anteil von 50,2 %. Der Rest setzt sich aus anderen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Flächenverbrauch und dem Saatguteinsatz zusammen.

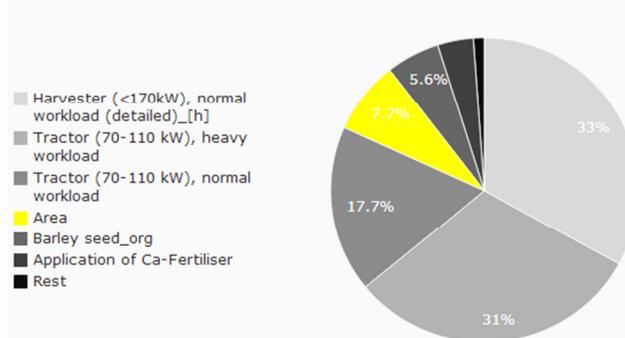
Fußabdruck SPI Kategorien



Knapp die Hälfte des Fußabdrucks wird durch Kohlenstoffemissionen verursacht. Beachtlich ist auch der Anteil der Emissionen in die Luft mit 29,3 %, gefolgt von Emissionen ins Wasser mit 14 %. Geringere Anteile haben die Anbaufläche mit 3,9 % sowie Emissionen in den Boden mit 2,6 %.

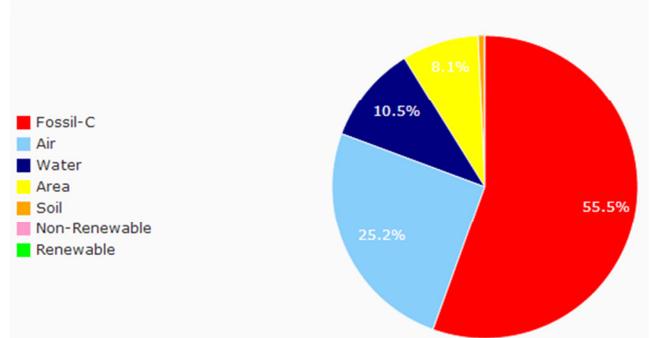
Biologischer Gerstenanbau SPI 31,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Durch den sparsamen Düngemitelesatz (3,9 %) und geringeren Ertrag bekommen Maschinen- und Flächeneinsatz mehr Gewicht. Mähdrescher machen 33 % des Fußabdrucks aus, Traktoren weitere 49,7 %. Der Anteil der Anbaufläche beträgt 7,7 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



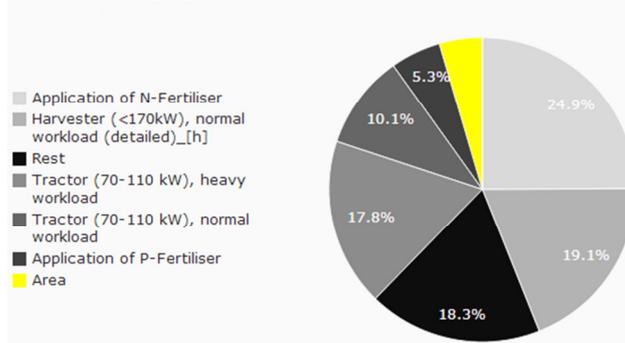
Durch den höheren Anteil des Maschineneinsatzes ist auch der Einfluss fossiler Kohlenstoffemissionen auf den Fußabdruck größer als im konventionellen Anbau, er beträgt 55,5 %. Gut ein Viertel ist auf Emissionen in die Luft zurückzuführen, 10,5 % auf Emissionen ins Wasser und 7,7 % auf die Ackerfläche.

SPIonWeb - Ergebnisse Hafer

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Haferanbaus beträgt 41,8 m²/kg und ist somit um 45 % größer als der biologische mit 28,8 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,16 bzw. 0,12 kg/kg Hafer. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

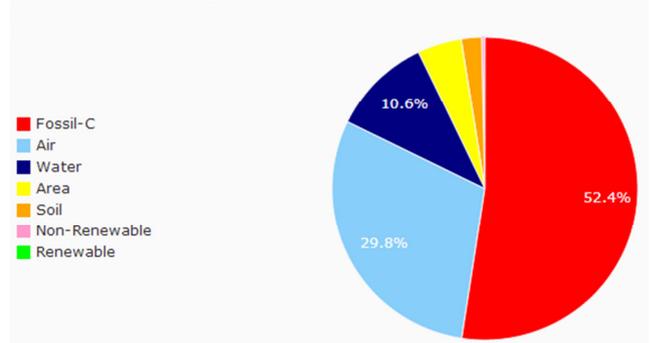
Konventioneller Haferanbau SPI 41,8 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Mit 24,9 % Anteil am Fußabdruck hat N-Dünger den größten Einfluss unter den Düngemitteln, die übrigen vier Dünger kommen auf insgesamt 11,6 %. Der Mähdrescher hat einen Anteil von 19,1 %, der Einsatz von Traktoren ist zu 32,3 % am Fußabdruck beteiligt. Der Rest setzt sich aus Pflanzenschutz, Saatgut, Trocknung und Ackerfläche zusammen.

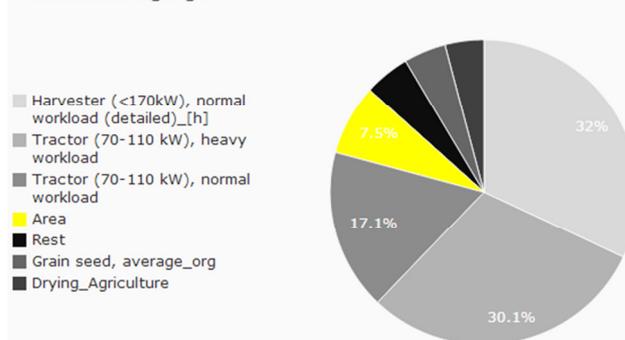
Fußabdruck SPI Kategorien



Die Emissionen fossilen Kohlenstoffs sind mit 52,4 % hauptverantwortlich für den Fußabdruck. Auch Emissionen in die Luft (29,8 %) und ins Wasser (10,6 %) haben einen großen Einfluss. In kleinerem Maße wirken sich auch der Flächenverbrauch mit 4,7 % und Emissionen in den Boden mit 2,1 % auf den ökologischen Fußabdruck aus.

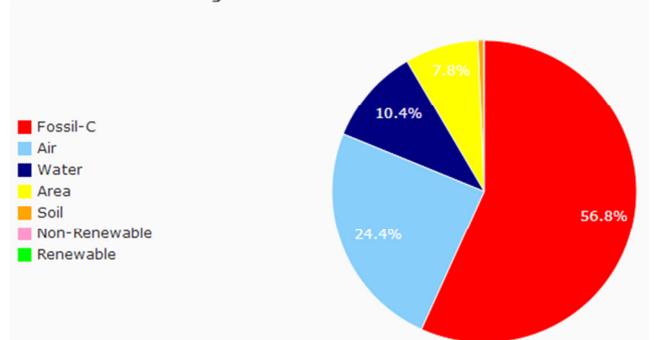
Biologischer Haferanbau SPI 28,8 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Beim biologischen Anbau machen Düngemittel nur 3,7 % des Fußabdrucks aus, der Maschineneinsatz hingegen hat einen Anteil von 80,2 %, und setzt sich aus Mähdreschern mit 32 % und Traktoren mit 48,2 % zusammen. Auch der Anteil der Fläche ist mit 7,8 % größer als im konventionellen Anbau.

Fußabdruck SPI Kategorien



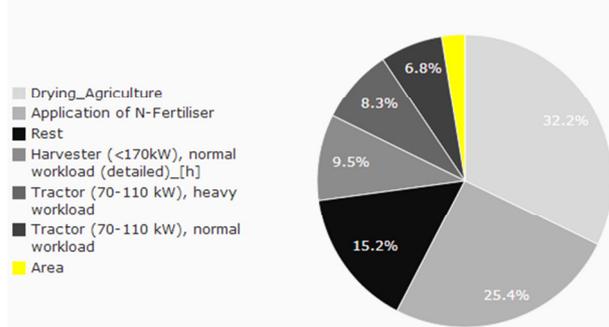
Ebenso wie der Maschineneinsatz ist auch der Anteil der Kohlenstoffemissionen mit 56,8 % größer als im konventionellen Anbau. Ähnlich groß sind die Anteile der Emissionen in die Luft und ins Wasser mit 24,4 % bzw. 10,4 %. Durch die Düngerreduktion sind Bodenemissionen kleiner, die Anbaufläche hingegen ist durch den kleineren Ertrag etwas größer.

SPlonWeb - Ergebnisse Mais

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Maisanbaus beträgt 36,5 m²/kg und ist somit um 27 % größer als der biologische mit 28,7 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,16 bzw. 0,14 kg/kg Mais. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

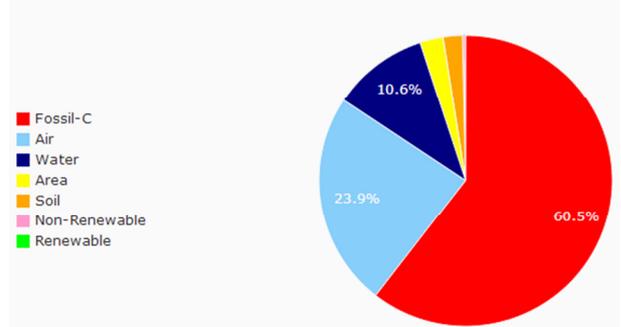
Konventioneller Maisanbau SPI 36,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fast ein Drittel (32,2 %) des ökologischen Fußabdrucks konventioneller Maiskörner ist der Trocknung zuzuschreiben, ein weiteres Viertel (25,4 %) wird durch N-Dünger verursacht. Landwirtschaftliche Maschinen machen insgesamt 26,8 % aus, mit 17,3 % haben Traktoren den größten Anteil. Der Rest setzt sich aus Saatgut, Fläche, Düngern und Pestiziden zusammen.

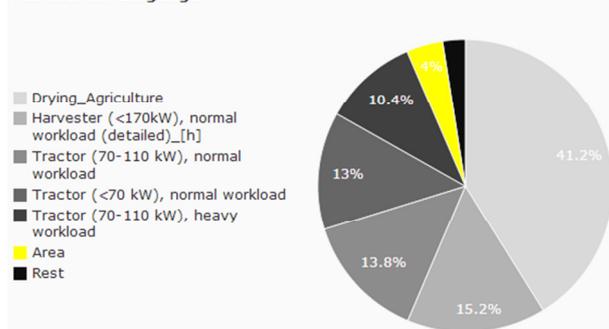
Fußabdruck SPI Kategorien



Die zum Großteil auf fossilen Energiequellen beruhende Trocknung wirkt sich in einem hohen Anteil fossiler Kohlenstoffemissionen am Fußabdruck aus, dieser beträgt 60,5 %. Emissionen in die Luft und den Boden betragen 23,9 % bzw. 10,6 %. Die Anbaufläche ist zu 2,6 % am ökologischen Fußabdruck beteiligt, Emissionen in den Boden zu 2,1 %.

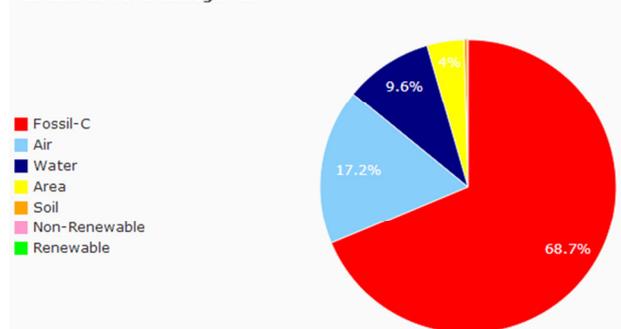
Biologischer Maisanbau SPI 28,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Düngung ist beim biologischen Maisanbau für nur 2,1 % des Fußabdrucks verantwortlich, dadurch werden die Anteile anderer Komponenten größer. Der Großteil des Fußabdrucks geht mit 41,2 % auf die Trocknung zurück, 15,2 % auf Mähdrescher und 37,8 % auf Traktoren. Die Fläche hat einen Anteil von 4 %, den geringsten Einfluss hat Saatgut mit 0,4 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



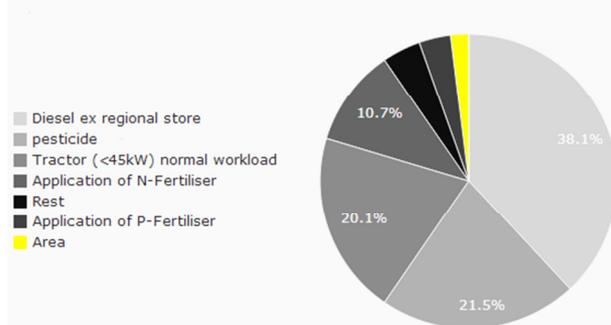
Fossile Kohlenstoffemissionen nehmen 68,7 % des ökologischen Fußabdrucks des biologischen Maisanbaus ein. Die Anteile anderer Emissionen sind im Vergleich zum konventionellen Anbau etwas kleiner, der Anteil der verbrauchten Fläche etwas größer. Emissionen in die Luft betragen 17,2 %, Emissionen ins Wasser 9,6 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Apfel

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Apfelanbaus beträgt 16,3 m²/kg und ist somit fast 2,8 Mal so groß wie der biologische mit 5,9 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,07 bzw. 0,02 kg/kg Äpfel. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

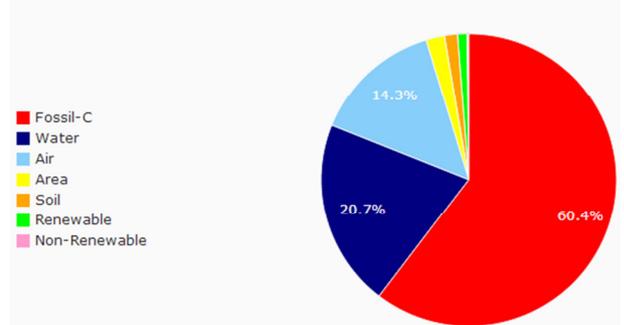
Konventioneller Apfelanbau SPI 16,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Den größten Teil des Fußabdrucks konventioneller Äpfel machen Treibstoff- und Traktoreinsatz mit insgesamt über 58 % aus. Danach folgen Pestizide mit 21,5 % und Düngemittel mit in Summe 18,3 %, den weitaus größten Anteil daran hat der Einsatz von Stickstoffdünger.

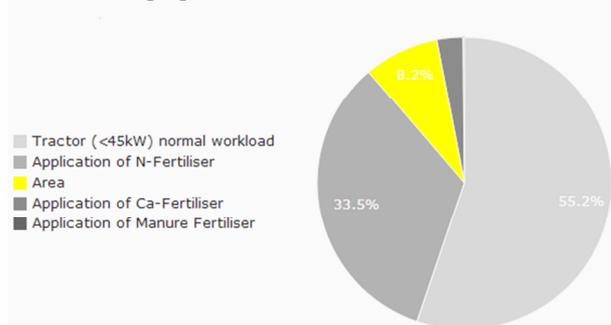
Fußabdruck SPI Kategorien



Der Einsatz fossiler Treibstoffe in der Produktion wirkt sich in hohen Kohlenstoffemissionen aus, die über 60 % des Fußabdrucks ausmachen. Auch Emissionen ins Wasser und in die Luft tragen in beträchtlichem Ausmaß zum Fußabdruck bei.

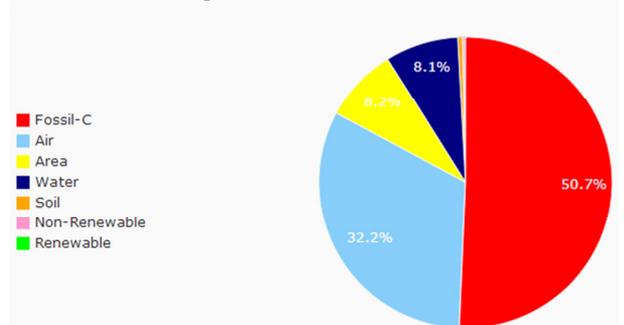
Biologischer Apfelanbau SPI 5,9 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Der Traktoreinsatz ist bei beiden Anbaumethoden in etwa gleich groß, durch das Fehlen von Pestiziden und zusätzlichem Treibstoff beim biologischen Anbau ist sein Anteil am Fußabdruck mit 55 % jedoch größer. Ähnliches gilt für den Stickstoffdünger, der rund ein Drittel des Fußabdrucks verursacht. Auch der Einfluss der Anbaufläche ist aufgrund des geringeren Fußabdrucks und niedrigerem Ertrag größer.

Fußabdruck SPI Kategorien



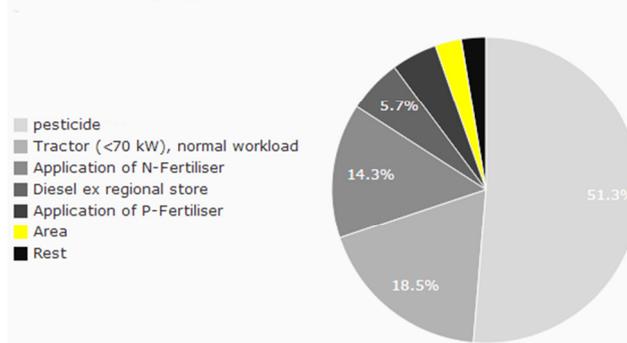
Auch im biologischen Anbau benötigen Kohlenstoffemissionen den größten Teil der Fläche, hier knapp 51 %. Emissionen in die Luft folgen mit fast einem Drittel, diese stammen vor allem aus dem Traktor- und Stickstoffdüngereinsatz. Erst danach reihen sich die Einflussfaktoren Fläche und Emissionen ins Wasser mit jeweils etwas über 8 % ein.

SPlonWeb - Ergebnisse Pfirsich

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Pfirsichanbaus beträgt 29,0 m²/kg und ist somit um 23,4 % größer als der biologische mit 23,5 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen bei beiden Prozessen 0,9 kg/kg Pfirsiche. Die Gründe für die abweichenden SPI-Werte werden nachfolgend erläutert.

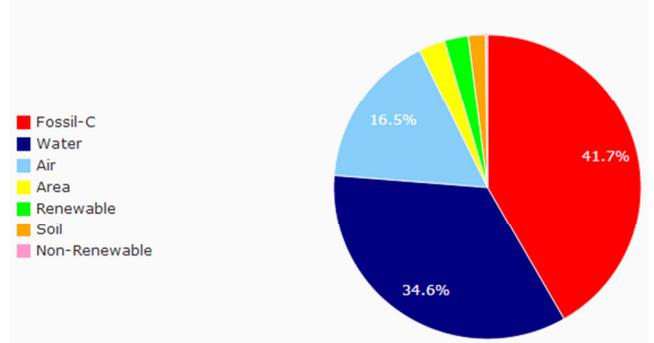
Konventioneller Pfirsichanbau SPI 29,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Im konventionellen Anbau hat der Einsatz von Pestiziden mit über 51 % die größten Auswirkungen auf die Umwelt, danach folgen Maschinenstunden mit 18,5 %. Alle Düngemittel zusammen machen 21,6 % des Fußabdrucks aus.

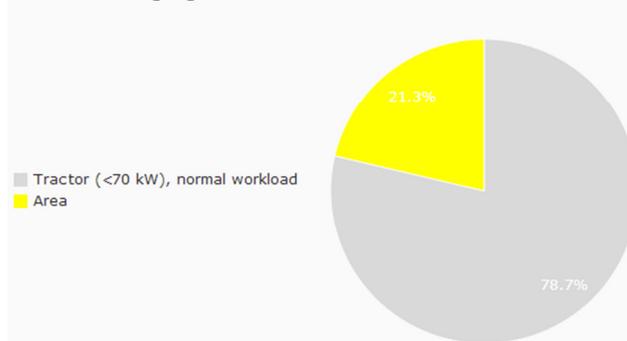
Fußabdruck SPI Kategorien



Der ökologische Druck entsteht zu rund 75 % durch die Emissionen von fossilem Kohlenstoff und Emissionen ins Wasser. Auch die Emissionen in die Luft sind mit 16,5 % beträchtlich. Tatsächlicher Flächenverbrauch, erneuerbare Rohstoffe sowie Emissionen in den Boden spielen eine untergeordnete Rolle.

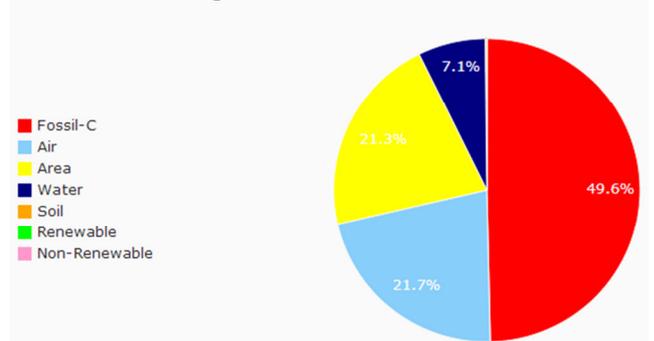
Biologischer Pfirsichanbau SPI 23,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Im biologischen Pfirsichanbau ist der Maschineneinsatz pro Kilogramm Produkt mehr als drei Mal so hoch als im konventionellen Anbau, und schlägt sich auch beim ökologischen Fußabdruck mit fast 80 % zu Buche. Durch den geringen Ertrag pro Hektar ist auch der Flächenverbrauch beträchtlich.

Fußabdruck SPI Kategorien



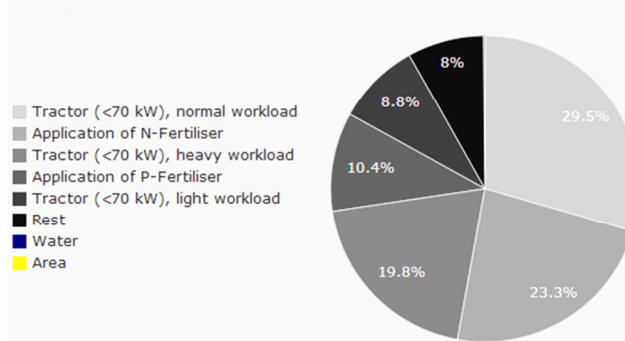
Fast die Hälfte des ökologischen Fußabdrucks wird durch fossilen Kohlenstoff verursacht, weiters haben sowohl Flächenverbrauch als auch Emissionen in die Luft mit jeweils einem Fünftel einen großen Einfluss. Nicht so stark ins Gewicht fallen Emissionen ins Wasser.

SPlonWeb – Ergebnisse Erdbeere

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Erdbeeranbaus beträgt 20,6 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen pro kg Erdbeeren 0,08 kg. Die Zusammensetzung des ökologischen Fußabdrucks wird nachfolgend erläutert. Es wurden keine Daten zu biologischem Erdbeeranbau gefunden.

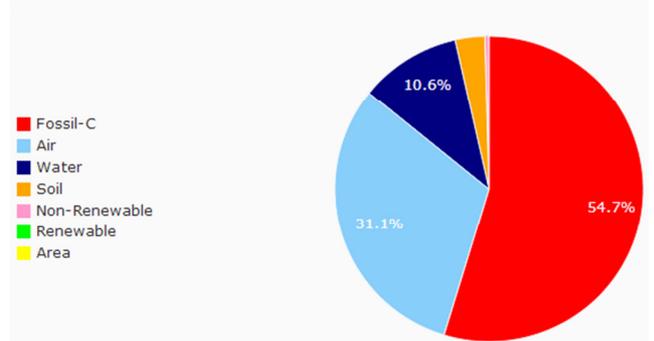
Konventioneller Erdbeeranbau SPI 20,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Den Großteil des Fußabdrucks verursacht der Einsatz von Traktoren mit insgesamt 58,1 %. Danach folgen Stickstoffdünger (23,3 %), Phosphordünger (10,4 %) und Kaliumdünger (6,2 %). Dünger machen somit fast 40 % des Fußabdrucks aus.

Fußabdruck SPI Kategorien



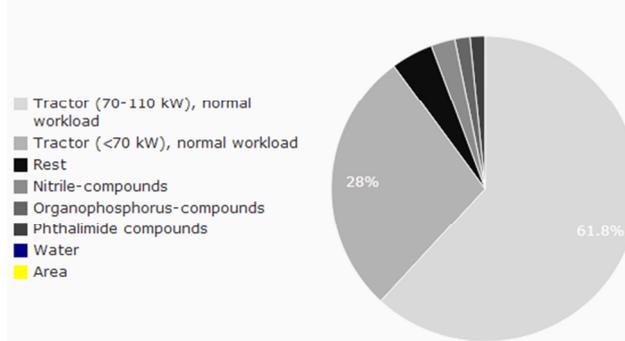
Fossiler Kohlenstoff hat beim Erdbeeranbau den größten Einfluss auf die Umwelt und macht über die Hälfte des Fußabdrucks aus. Auch Emissionen in die Luft und ins Wasser spielen eine wichtige Rolle.

SPIonWeb – Ergebnisse Tafeltraube

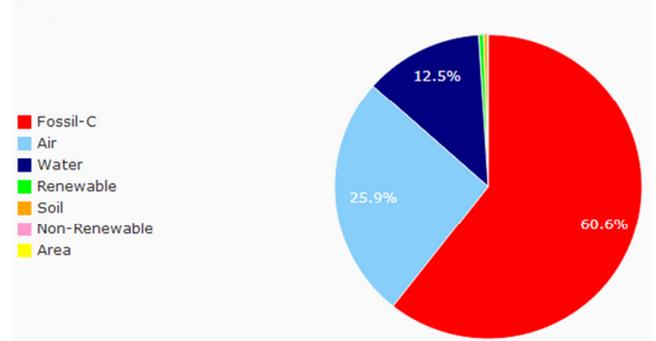
Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Traubenanbaus beträgt 286,5 m²/kg und ist somit um beachtliche 313 % größer als der biologische mit 69,3 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 1,3 bzw. 0,2 kg/kg Trauben. Die Gründe für die abweichenden SPI-Werte werden nachfolgend erläutert.

Konventioneller Traubenanbau SPI 286,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fußabdruck SPI Kategorien

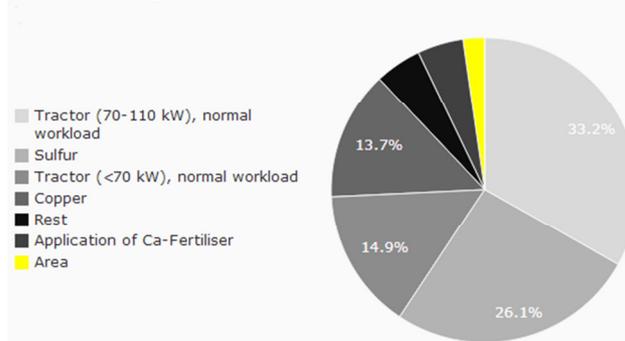


Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Trauben besteht vor allem aus Traktorstunden – diese machen fast 90 % des Fußabdrucks aus. Diverse Dünge- und Pflanzenschutzmittel spielen dagegen eine eher untergeordnete Rolle.

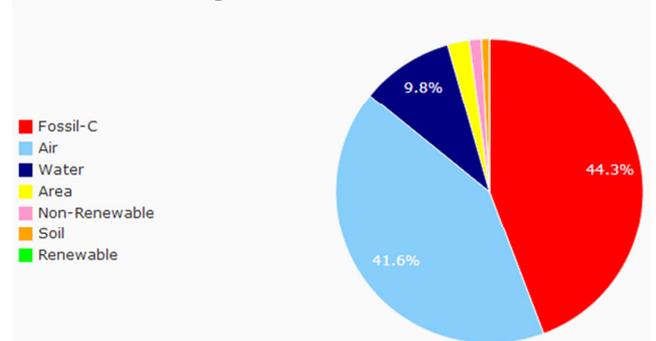
Die Emissionen fossilen Kohlenstoffs machen gut 60 % des Fußabdrucks aus. Gut ein Viertel der Fläche wird durch Emissionen in die Luft verursacht, und rund ein Achtel durch Emissionen ins Wasser.

Biologischer Traubenanbau SPI 69,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fußabdruck SPI Kategorien



Beim biologischen Traubenanbau macht der Traktoreinsatz knapp die Hälfte des Fußabdrucks aus – er beträgt in Absolutzahlen nur etwa ein Achtel des Einsatzes im konventionellen Anbau. Weiters haben auch der Einsatz von Schwefel (26 %) und Kupfer (14 %) einen großen Einfluss.

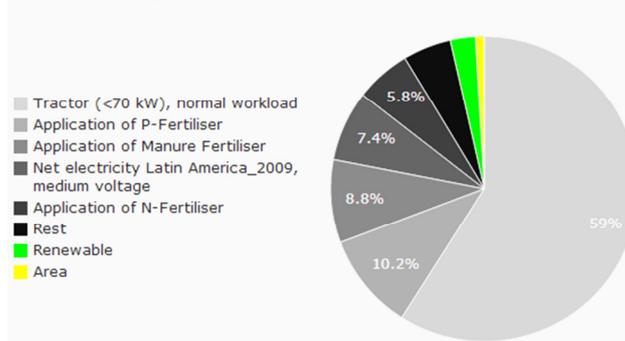
Der fossile Kohlenstoff verbraucht etwa 44 % des Fußabdrucks, knapp gefolgt von Emissionen in die Luft mit rund 42 %. Mit knapp 10 % sind auch die Emissionen ins Wasser ein wichtiger Faktor. Der Flächenverbrauch wirkt sich nicht sehr stark aus, im Vergleich zum konventionellen Anbau ist er aufgrund des geringeren Ertrags jedoch größer.

SPlonWeb - Ergebnisse Banane

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Bananenbaus beträgt 20,7 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,1 kg/kg Bananen. Die Gründe für diesen SPI-Wert und seine Zusammensetzung werden nachfolgend erläutert. Aufgrund der schlechten Datengrundlage konnte kein SPI-Prozess für biologische Bananenproduktion generiert werden.

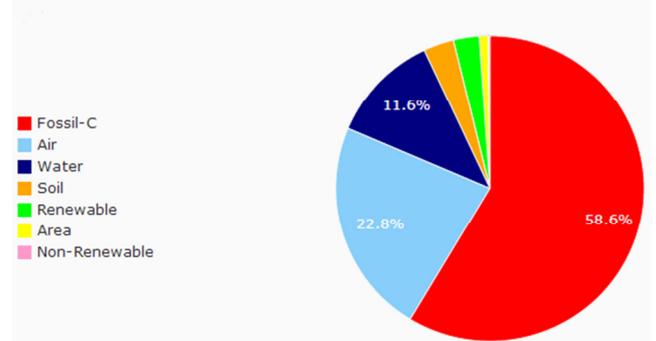
Konventioneller Bananenbau SPI 20,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch bei der Bananenproduktion hat der Maschineneinsatz den größten Anteil am Fußabdruck, er macht knapp 60 % aus. Auch der Stromverbrauch hat mit gut 10 % einen großen Einfluss, dicht gefolgt von verschiedenen Düngemitteln, vor allem Phosphor, Gülle und Stickstoffdünger. Pestizide und Kaliumdünger verbergen sich im „Rest“, erneuerbare Ressourcen, in diesem Fall Wasser, machen 2,7 % aus.

Fußabdruck SPI Kategorien



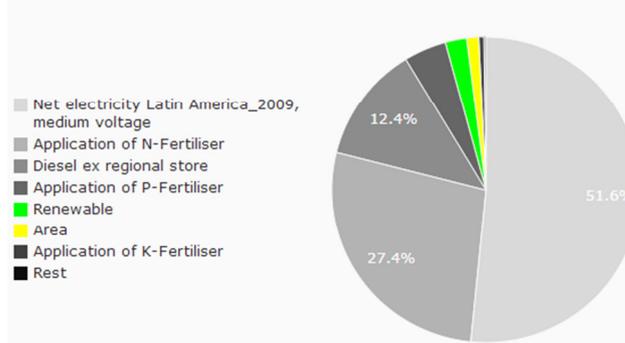
Aufgrund des hohen Maschinen- und Energieeinsatzes kommt es zu beträchtlichen Kohlenstoffemissionen, die für den Großteil der Umweltauswirkungen verantwortlich sind. Danach folgen Emissionen in die Luft mit 23 % und Emissionen ins Wasser mit 12 %. Erneuerbare Ressourcen, Emissionen in den Boden sowie der Flächenverbrauch haben nur einen geringen Einfluss auf den Fußabdruck.

SPIonWeb - Ergebnisse Orange

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Orangenanbaus beträgt 26,3 m²/kg und ist somit fast doppelt so groß als der biologische mit 13,5 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,12 bzw. 0,06 kg/kg Orangen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

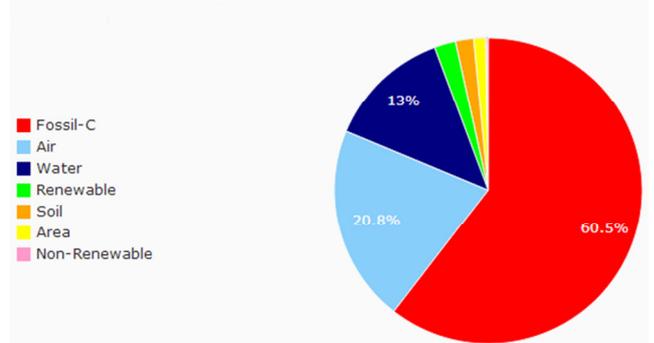
Konventioneller Orangenanbau SPI 26,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Der Hauptverursacher für den ökologischen Fußabdruck ist der Einsatz elektrischer Energie, dieser macht rund 52 % aus. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind Düngemittel, vor allem Stickstoff mit 27 %, und der Dieserverbrauch mit 12 %.

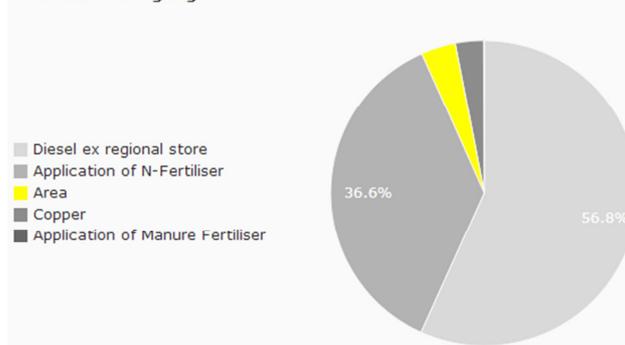
Fußabdruck SPI Kategorien



60 % des Fußabdrucks sind auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen, ein gutes Fünftel auf Emissionen ins Wasser. Mit 13 % ist auch der Einfluss von Emissionen in die Luft nicht zu verachten. Der Einfluss der Emissionen in den Boden, Anbauflächen, sowie des Wasserverbrauchs sind gering.

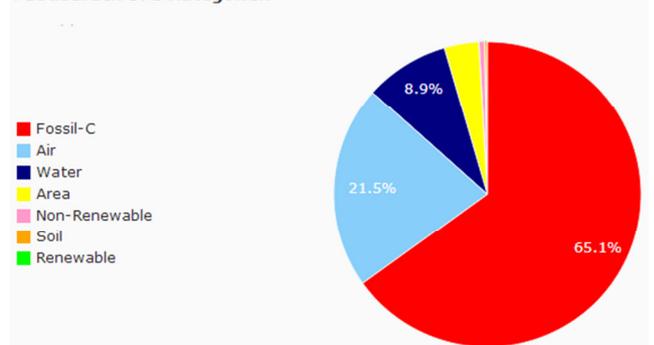
Biologischer Orangenanbau SPI 13,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch beim biologischen Anbau wiegt der Energieeinsatz am schwersten, 57 % des Fußabdrucks sind auf den Einsatz von Diesel zurückzuführen. Weitere 37 % werden allein durch Stickstoffdünger verursacht. Danach folgen Anbaufläche und Kupfereinsatz, der Einfluss anderer Dünger und Pestizide ist gering.

Fußabdruck SPI Kategorien



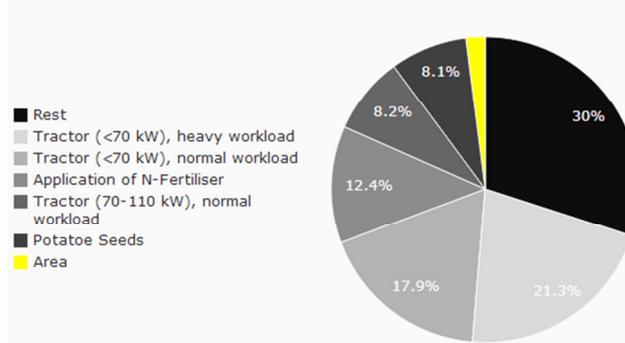
Der hohe Dieserverbrauch führt zu Kohlenstoffemissionen, die 65 % des Fußabdrucks ausmachen. Der Rest setzt sich aus Emissionen in die Luft und ins Wasser, sowie der Anbaufläche zusammen, der Anteil der Emissionen in den Boden ist sehr niedrig.

SPlonWeb - Ergebnisse Kartoffel

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Kartoffelanbaus beträgt 21,9 m²/kg und ist somit um 13 % größer als der biologische mit 19,3 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,09 bzw. 0,08 kg/kg Kartoffeln. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

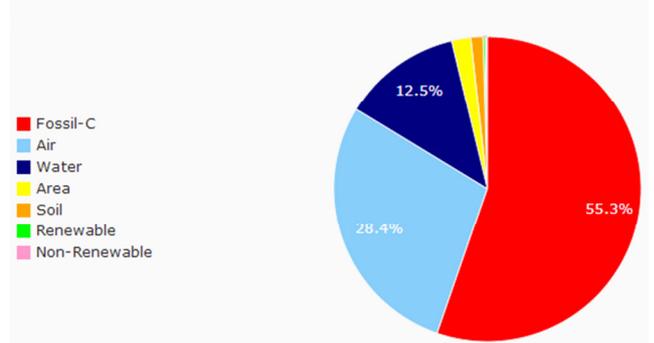
Konventioneller Kartoffelanbau SPI 21,9 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Den größten Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck konventioneller Kartoffeln hat der Einsatz von Traktoren mit insgesamt 60,7 %. Stickstoffdünger hat einen Anteil von 12,4 %, alle anderen Düngemittel kommen zusammen auf weitere 9 %. Saatgut macht 8,1 % und verschiedene Pflanzenschutzmittel 7,8 % aus.

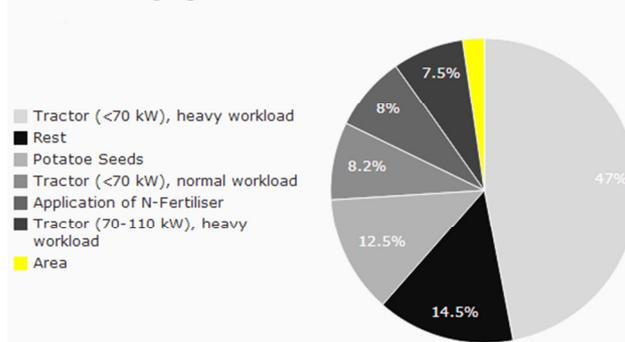
Fußabdruck SPI Kategorien



Emissionen fossilen Kohlenstoffs haben mit 55,3 % den Hauptanteil am ökologischen Fußabdruck. Bedeutend sind auch Emissionen in die Luft mit 28,4 % und Emissionen ins Wasser mit 12,5 %. Die Anbaufläche ist für 2 % des Fußabdrucks verantwortlich, Emissionen in den Boden für 1,3 %.

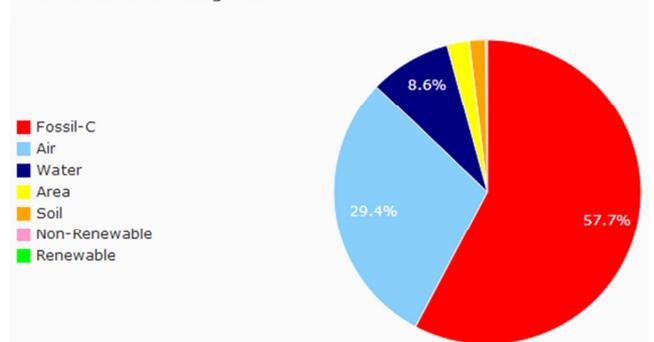
Biologischer Kartoffelanbau SPI 19,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch beim biologischen Anbau ist der Maschineneinsatz mit 68,6 % hauptverantwortlich für den ökologischen Druck. An zweiter Stelle stehen Düngemittel mit insgesamt 16,1 %. 8 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf das verwendete Saatgut zurückzuführen, 2,3 % auf die Anbaufläche und 0,5 % auf Pestizide.

Fußabdruck SPI Kategorien



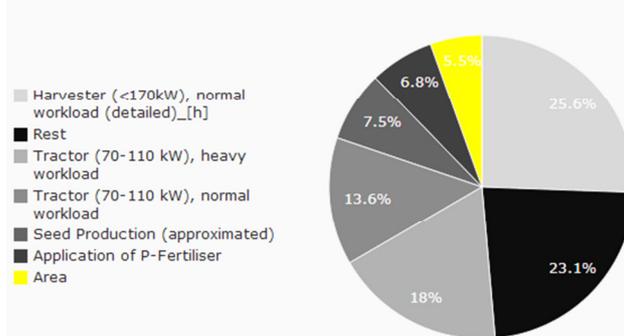
57,7 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen, 29,4 % auf Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser machen 8,6 % der Fläche aus, Emissionen in den Boden hingegen nur 1,7 %. Die benötigte Ackerfläche beträgt 2,3 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Ackerbohne

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Ackerbohnenanbaus beträgt 73,1 m²/kg und ist somit um 3 % größer als der des biologischen mit 71,2 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,27 bzw. 0,29 kg/kg Bohnen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

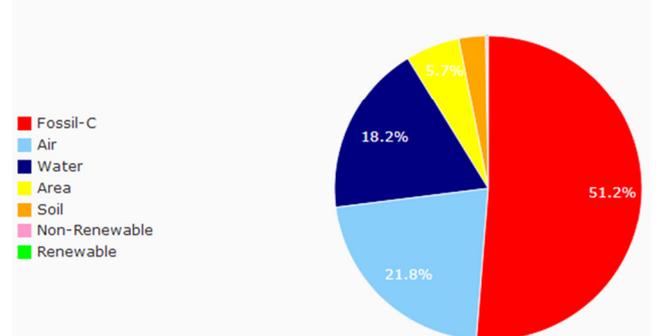
Konventioneller Bohnenanbau SPI 73,1 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



25,6 % des ökologischen Fußabdrucks werden durch Mähdrescher verursacht, weitere 35,2 % durch Traktoren. Somit ist der Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen zu 60,8 % am Fußabdruck beteiligt. Düngemittel machen weitere 15,7 % aus, Pestizide 10,6 %, Saatgut 7,5 % und die Anbaufläche 5,5 %.

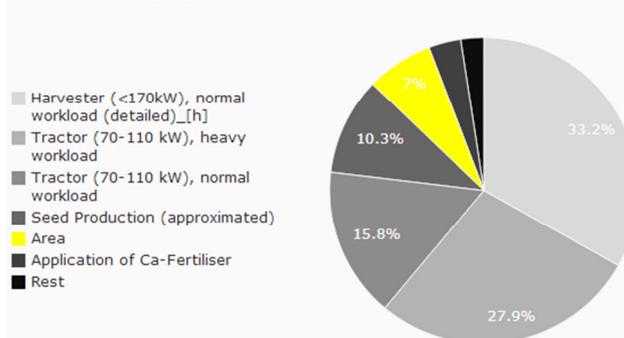
Fußabdruck SPI Kategorien



Der Großteil des Fußabdrucks geht mit 51,2 % auf Emissionen fossilen Kohlenstoffs zurück. 21,8 % werden durch Emissionen in die Luft verursacht, 18,2 % durch Emissionen ins Wasser. Die Ackerfläche macht 5,5 % aus, der Anteil der Emissionen in den Boden beträgt 2,8 %.

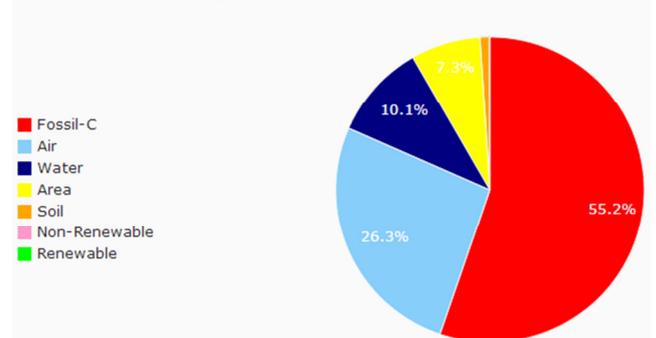
Biologischer Bohnenanbau SPI 71,2 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Beim biologischen Anbau ist der Anteil der Maschinen aufgrund spärlicher Düngung, des Verzichtes auf Pestizide und des geringeren Ertrages mit 79,2 % größer als beim konventionellen. Saatgut ist für 10,3 % des Fußabdrucks verantwortlich, die Fläche für 7 % und Dünger für 3,5 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



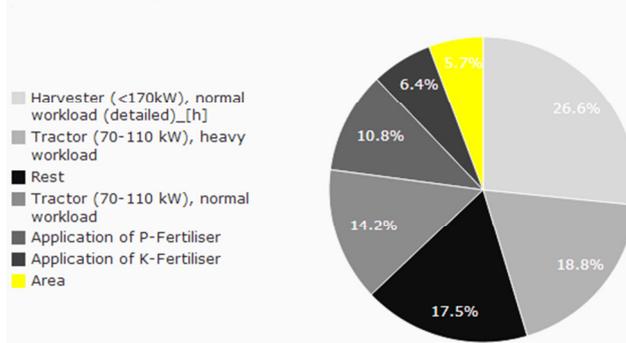
Fossiler Kohlenstoff ist auch hier hauptverantwortlich für den ökologischen Fußabdruck, er macht 55,2 % aus. Ein weiteres Viertel (26,3 %) gehen auf Emissionen in die Luft zurück, 10,1 % auf Emissionen ins Wasser. Emissionen in den Boden machen 1% aus.

SPlonWeb - Ergebnisse Sojabohnen

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Sojabohnenanbaus beträgt 69,9 m²/kg und ist somit um 15 % kleiner als der des biologischen mit 82,1 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,28 bzw. 0,34 kg/kg Sojabohnen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

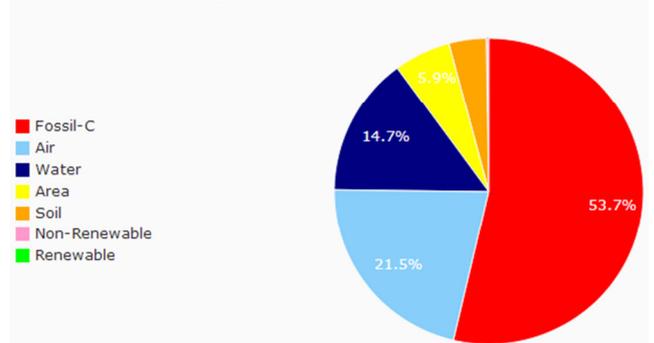
Konventioneller Sojabohnenanbau SPI 69,9 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Landwirtschaftliche Maschinen sind für 62,4 % des ökologischen Fußabdrucks verantwortlich, Traktoren haben einen Anteil von 36,8 %, Mähdrescher machen 26,6 % aus. Düngemittel sind zu 22,9 % am Fußabdruck beteiligt, Pestizide zu 3,7 %. Saatgut verursacht 4,4 % des Fußabdrucks.

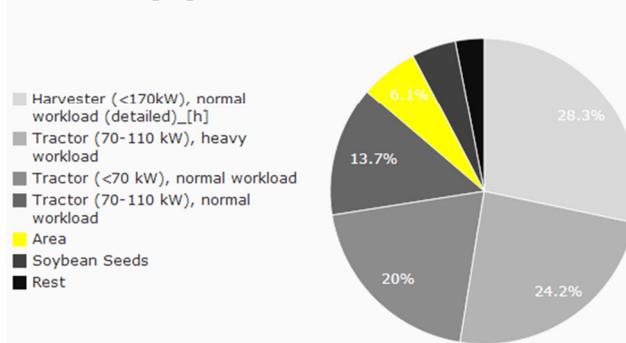
Fußabdruck SPI Kategorien



Hauptverantwortlich am ökologischen Druck ist fossiler Kohlenstoff mit einem Anteil von 53,7 %. Emissionen in die Luft und ins Wasser verursachen 21,5 % bzw. 14,7 % des Fußabdrucks. Die Anteile des Flächenverbrauchs und der Emissionen in den Boden betragen 5,9 % bzw. 3,9 %.

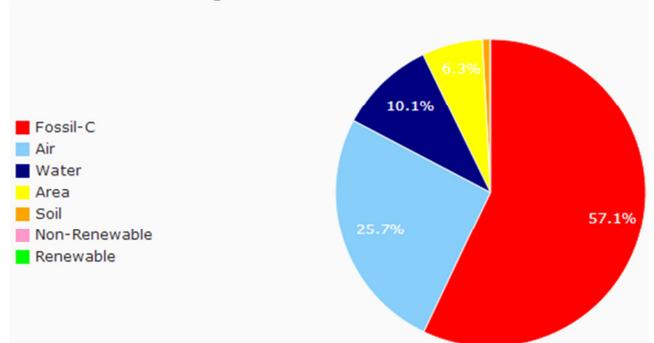
Biologischer Sojabohnenanbau SPI 82,1 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Im biologischen Anbau liegt der Anteil des Maschineneinsatzes bei insgesamt 86,2 %. Saatgut macht 4,7 % des ökologischen Fußabdrucks aus, Düngemittel sind für 3% verantwortlich. 6,1% des Fußabdrucks gehen auf die Anbaufläche zurück.

Fußabdruck SPI Kategorien



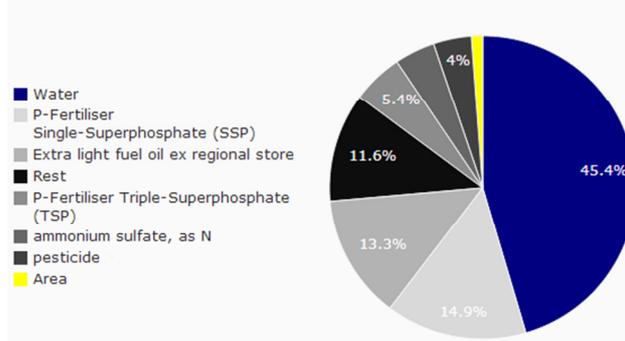
Emissionen fossilen Kohlenstoffs verursachen 57,1 % des gesamten Fußabdrucks. Rund ein Viertel (25,7 %) stammt von Emissionen in die Luft, weitere 10,1 % von Emissionen ins Wasser. Emissionen in den Boden machen nur 0,8 % aus.

SPlonWeb - Ergebnisse Reis

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Reisanbaus beträgt 194,8 m²/kg und ist somit um 3,4 % größer als der biologische mit 188,4 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,46 bzw. 0,5 kg/kg Reis. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

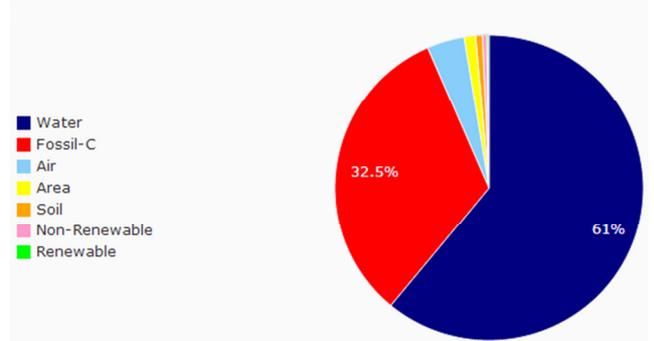
Konventioneller Reisanbau SPI 194,8 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



In der Reisproduktion haben direkte Feldemissionen einen großen Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck, allen voran Phosphoremissionen ins Wasser mit 45,5 %. Düngemittel und Pestizide haben einen Anteil von 26,9 % bzw. 4,6 %. Der Anteil des Maschineneinsatzes beträgt 5,1 %, der von Energie und Treibstoffen weitere 15,9 %.

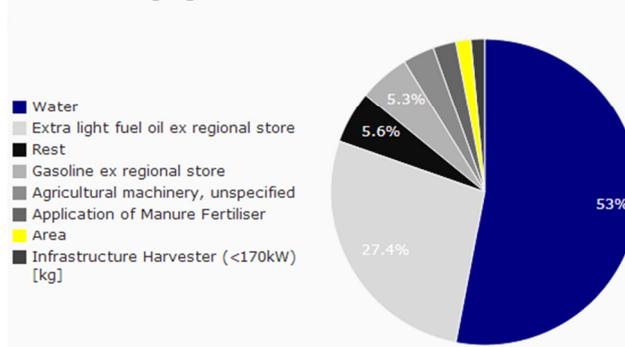
Fußabdruck SPI Kategorien



Emissionen ins Wasser sind für 61 % des Fußabdrucks verantwortlich, der Großteil davon wird durch Phosphor verursacht. Auch Emissionen fossilen Kohlenstoffs haben mit 32,5 % einen wichtigen Einfluss. Geringere Anteile haben Emissionen in die Luft mit 3,9 %, die Anbaufläche mit 1,2 % und Emissionen in den Boden.

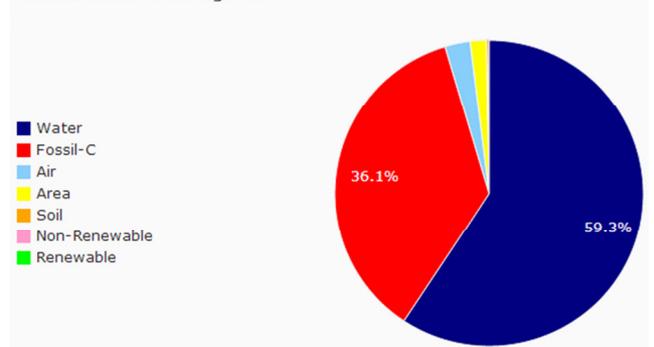
Biologischer Reisanbau SPI 188,4 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Im biologischen Anbau haben Heizöl und Treibstoff mit 32,7 % den zweithöchsten Einfluss – nach Phosphoremissionen ins Wasser mit 53 %. Verschiedene Düngemittel machen 4,9 % des ökologischen Fußabdrucks aus, Maschinen kommen auf 7,3 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



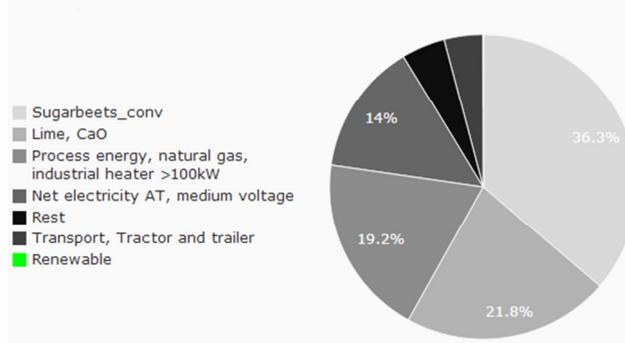
Der Hauptanteil des Fußabdrucks geht auch beim biologischen Anbau an Emissionen ins Wasser, diese machen 59,3 % aus. An zweiter Stelle folgen Kohlenstoffemissionen, die für 36,1 % des ökologischen Fußabdrucks verantwortlich sind. Emissionen in die Luft und die Anbaufläche haben mit 2,6 % bzw. 1,7 % kleinere Anteile.

SPIonWeb - Ergebnisse Zucker

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Zuckerproduktion beträgt 167,5 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,84 kg/kg Zucker. Die Zusammensetzung des SPI-Wertes wird nachfolgend erläutert. Zu biologischer Zuckerproduktion waren nicht genügend Daten vorhanden.

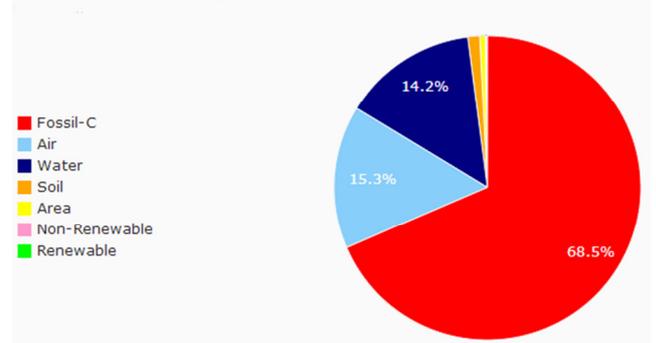
Konventionelle Zuckerproduktion SPI 167,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



In der Zuckerproduktion hat der Ausgangsstoff Zuckerrüben einen Anteil von 36,3 % am gesamten Fußabdruck. Weitere 21,8 % entfallen auf eingesetzten Kalk. Der Energiebedarf macht insgesamt 33,2 % aus, und setzt sich aus Wärme mit 19,2 % und Strom mit 14 % zusammen. Transport macht 4,1 % des ökologischen Fußabdrucks aus, Abwasserbehandlung 3,4 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



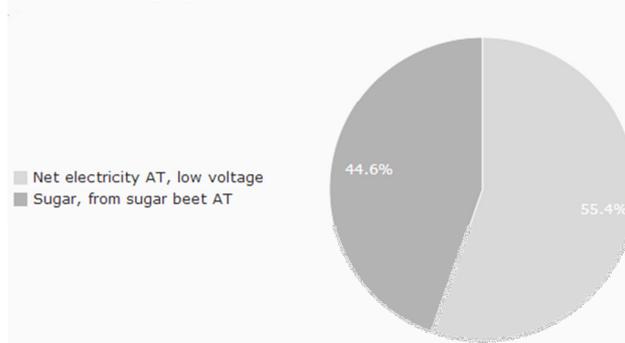
Der Großteil des ökologischen Drucks entsteht durch fossile Kohlenstoffemissionen (68,5 %), diese stammen vor allem aus der Prozesswärme mit Erdgas als Energieträger, sowie der Kalkproduktion. Emissionen in die Luft sind für weitere 15,3 % des Fußabdrucks verantwortlich, Emissionen ins Wasser haben einen Anteil von 14,2 %. Vergleichsweise gering sind die Anteile von Bodenemissionen und Fläche mit 1,2 % und 0,6 %.

SPIonWeb - Ergebnisse Honig

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Honigproduktion beträgt 300,2 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 1,47 kg/kg Honig. Die Zusammensetzung des SPI-Wertes wird nachfolgend erläutert. Zu biologischer Honigproduktion waren nicht genügend Daten vorhanden.

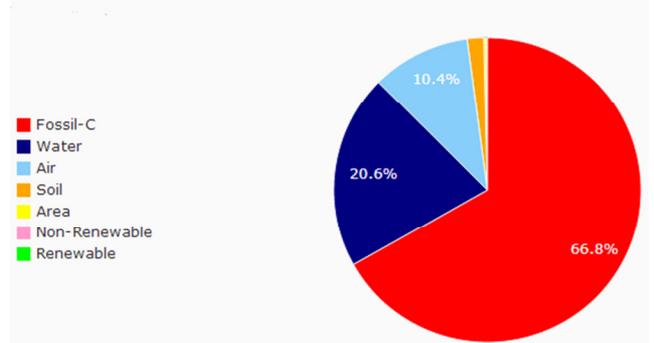
Konventionelle Honigproduktion SPI 300,2 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Den Hauptanteil am ökologischen Fußabdruck hat der Zucker, der in der Honigproduktion notwendig ist. Er macht 55,4 % des Fußabdrucks aus. Die restlichen 44,6 % sind dem Einsatz elektrischer Energie zuzuschreiben.

Fußabdruck SPI Kategorien



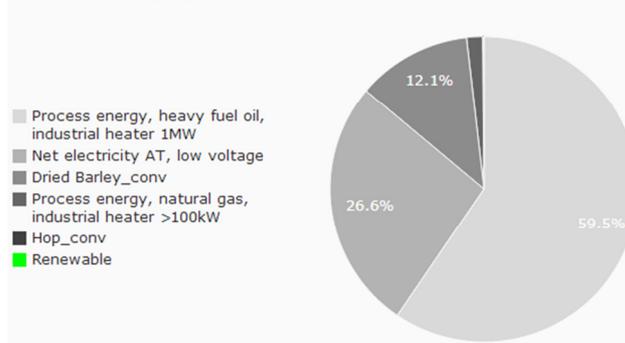
Gut zwei Drittel des ökologischen Fußabdrucks sind auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen. 20,6 % entstehen durch Emissionen ins Wasser, Emissionen in die Luft haben einen Anteil von 10,4 %. Auch Emissionen in den Boden haben mit 1,7 % einen Einfluss.

SPIonWeb - Ergebnisse Bier

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Bierproduktion beträgt 88,4 m²/l und ist somit um 3 % größer als der der biologischen mit 85,9 m²/l. Die CO₂-Emissionen betragen 0,42 bzw. 0,41 kg/l Bier. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

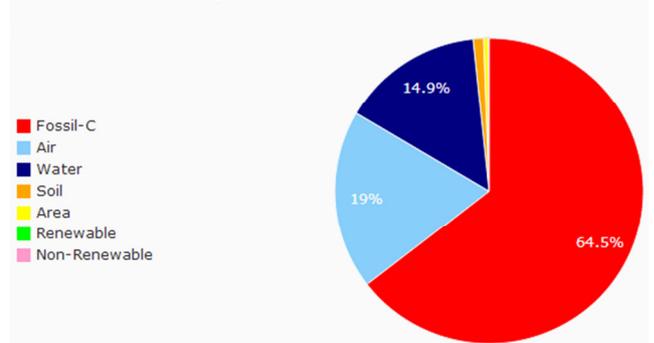
Konventionelle Bierproduktion SPI 88,4 m²/l

Fußabdruck Eingänge



Der Großteil des ökologischen Fußabdrucks wird durch die eingesetzte Wärme in Form von Heizöl und Erdgas verursacht (61,2 %), weitere 26,6 % durch Strom, somit hat der Energieeinsatz einen Gesamtanteil von 87,8 %. Gerste macht 12,1 % des Fußabdrucks aus, Hopfen nur 0,1 %.

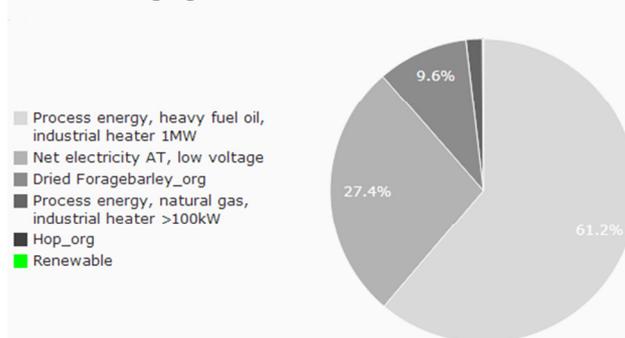
Fußabdruck SPI Kategorien



64,5 % des Fußabdrucks sind auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen, weitere 19 % auf Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser haben einen Anteil von 14,9 %. Emissionen in den Boden und der Flächenverbrauch machen 1,1 % bzw. 0,5 % aus.

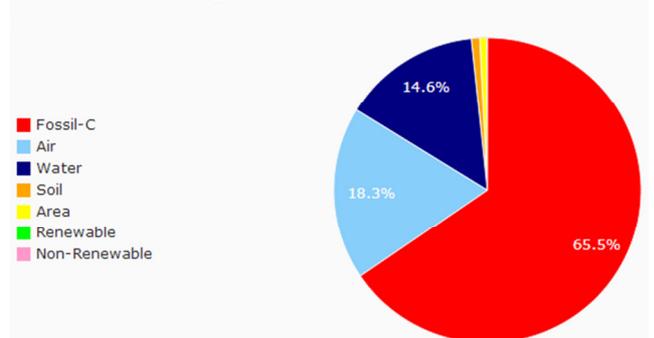
Biologische Bierproduktion SPI 85,9 m²/l

Fußabdruck Eingänge



Bei der biologischen Bierproduktion ist, aufgrund des niedrigeren Fußabdrucks von Hopfen und Gerste, der Anteil der Energie mit 90,3 % noch höher. Strom kommt dabei auf 27,4 % und Wärme auf 62,9 %. Der Anteil der Gerste beträgt 9,6 % und der des Hopfens 0,1 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



Der Anteil der Kohlenstoffemissionen ist mit 65,5 % der größte, an zweiter Stelle folgen Emissionen in die Luft mit 18,3 %. Emissionen ins Wasser sind zu 14,6 % am Fußabdruck beteiligt. Emissionen in den Boden und Flächenverbrauch haben mit 0,9 % und 0,8 % einen kleineren Einfluss.

SPlonWeb - Ergebnisse Wein

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Weinproduktion beträgt 422 m²/l und ist somit 3,9 Mal größer als der der biologischen mit 108,1 m²/l. Die CO₂-Emissionen betragen 1,88 bzw. 0,37 kg/l Wein. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

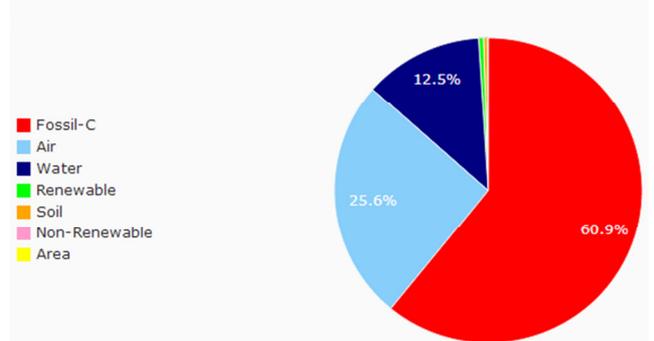
Konventionelle Weinproduktion SPI 422,0 m²/l

Fußabdruck Eingänge



Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Weines ist mit 98,1 % fast vollständig von den Weintrauben bestimmt. Die restlichen 1,9 % teilen sich auf Wärme und elektrische Energie auf.

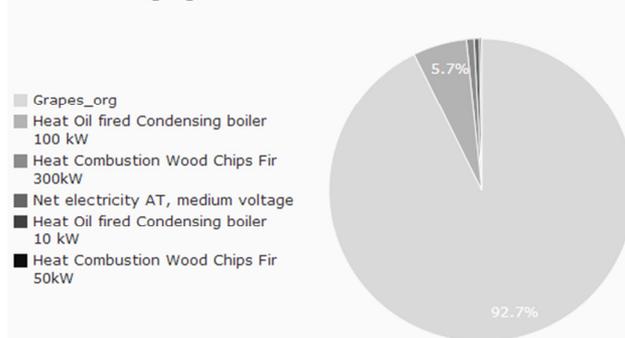
Fußabdruck SPI Kategorien



60,9 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf Emissionen fossilen Kohlenstoffs zurückzuführen, 25,6 % auf Emissionen in die Luft und 12,5 % auf Emissionen ins Wasser.

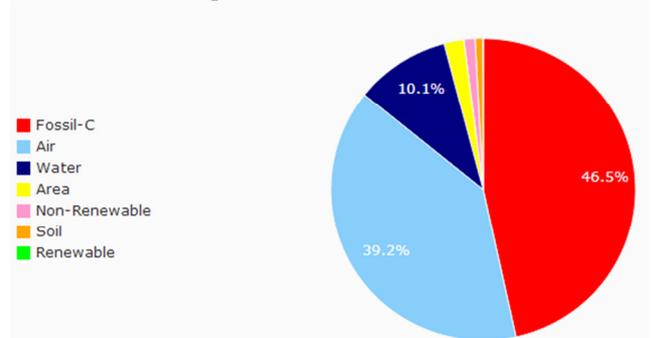
Biologische Weinproduktion SPI 108,1 m²/l

Fußabdruck Eingänge



Auch der Fußabdruck des biologischen Weines besteht mit 92,7 % fast zur Gänze aus den eingesetzten Trauben. 6,7 % sind auf den Wärmebedarf zurückzuführen, 0,5 % auf den Stromverbrauch.

Fußabdruck SPI Kategorien



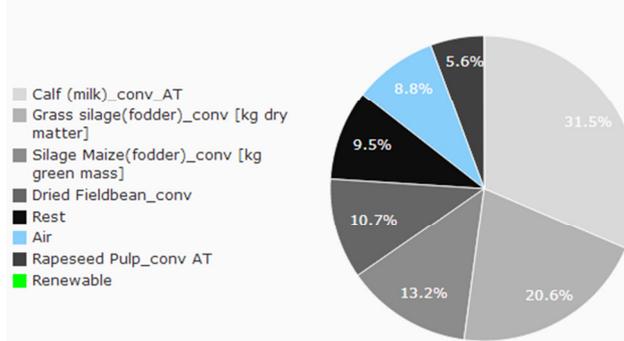
Der Anteil der Kohlenstoffemissionen am Fußabdruck ist mit 46,5 % kleiner als in der konventionellen Produktion, dafür ist der Anteil der Emissionen in die Luft mit 39,2 % deutlich höher. 10,1 % sind Emissionen ins Wasser zuzuschreiben, 2,1 % der Fläche.

SPlonWeb - Ergebnisse Rindfleisch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Rindfleischproduktion aus Bullenmast beträgt 438,9 m²/kg und ist somit um 36 % größer als der der biologischen mit 322,6 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 1,41 bzw. 1,07 kg/kg Rindfleisch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

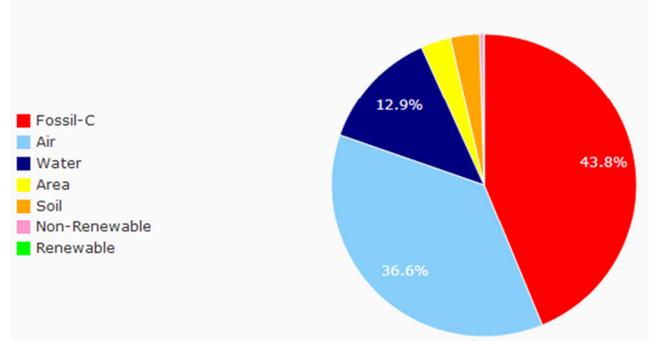
Konventionelle Rindfleischproduktion SPI 438,9 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fast ein Drittel (31,5 %) des Fußabdrucks geht auf die Kälberzucht in der Milchproduktion zurück, 59,6 % auf das Futter. Grassilage und Silomais sind dabei mit 20,6 % und 13,2 % die größten Komponenten, Kraftfutter macht 20,8 % des Fußabdrucks aus. 8,8 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf die Methanemissionen des Rinds zurückzuführen.

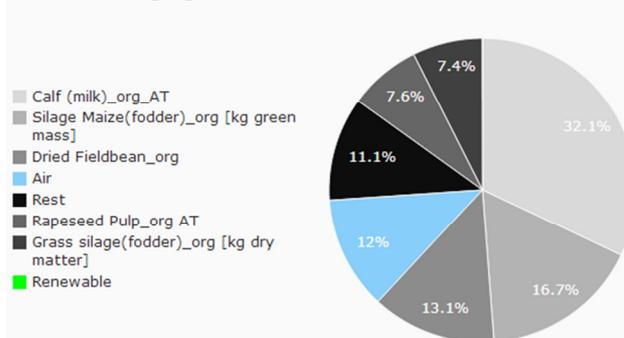
Fußabdruck SPI Kategorien



Kohlenstoffemissionen haben mit 43,8 % den größten Anteil am ökologischen Fußabdruck, dicht gefolgt von Emissionen in die Luft mit 36,6 %, die vor allem durch Methanemissionen begründet sind. Emissionen ins Wasser haben einen Anteil von 12,9 %. Die verbrauchte Fläche und Emissionen in den Boden haben einen Einfluss von 3,2 % und 3,1 %.

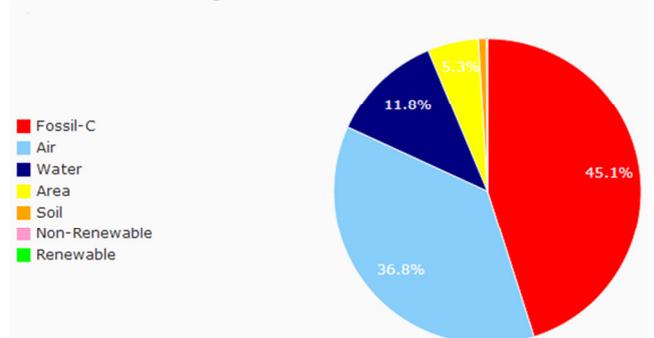
Biologische Rindfleischproduktion SPI 322,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Die Zusammensetzung des Fußabdrucks der biologischen Produktion ist der der konventionellen ähnlich, durch den im Durchschnitt geringeren Fußabdruck biologischen Futters werden andere Anteile, wie Methanemissionen, größer. Das Kalb macht 32,1 % aus, das Futter 55,9 % (Kraftfutter 25,7 %) und Emissionen 12 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



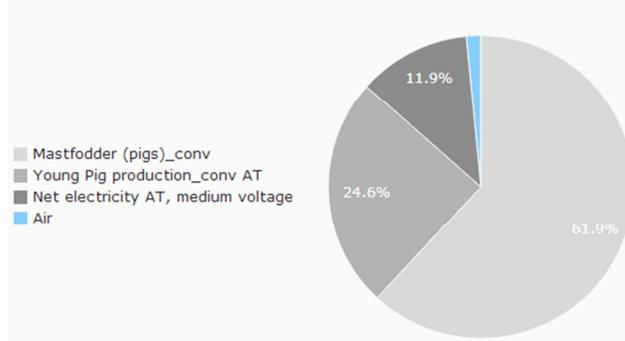
45,1 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf Emissionen fossilen Kohlenstoffs zurückzuführen und mehr als ein Drittel (36,8 %) auf Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser machen 11,8 % aus. Der Flächenverbrauch und Emissionen in den Boden wirken sich zu 5,3 % und 0,8 % auf den Fußabdruck aus.

SPIonWeb - Ergebnisse Schweinefleisch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Schweinefleischproduktion beträgt 201,5 m²/kg und ist somit um gut 4 % größer als der der biologischen mit 193 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,85 bzw. 0,81 kg/kg Schweinefleisch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

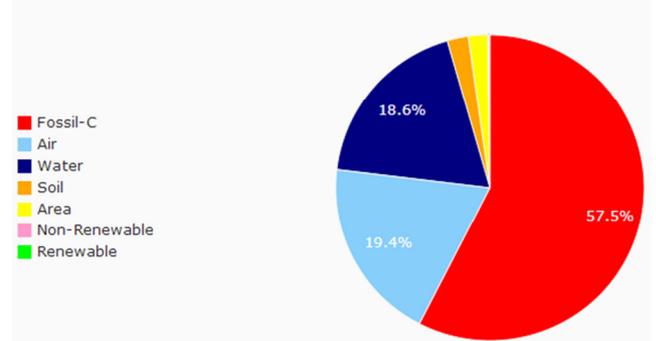
Konventionelle Schweinefleischproduktion SPI 201,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Den größten Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck der Schweinemast hat das Mastfutter mit 61,9 %. Fast ein Viertel des Fußabdrucks geht auf die Ferkelaufzucht zurück und 11,9 % auf den Einsatz elektrischer Energie. Methanemissionen des Schweins wirken sich zu 1,5 % auf den Fußabdruck aus.

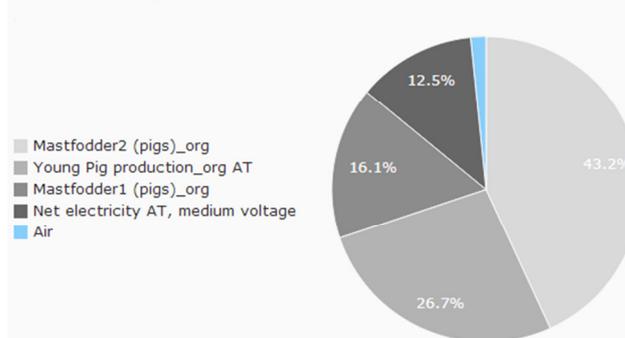
Fußabdruck SPI Kategorien



Den Großteil des Fußabdrucks haben Kohlenstoffemissionen zu verantworten, ihr Anteil beträgt 57,5 %. 19,4 % stammen aus Emissionen in die Luft, 18,6 % aus Emissionen ins Wasser. Der Anteil von Emissionen in den Boden beträgt 2,2 %, der der verbrauchten Fläche 2 %.

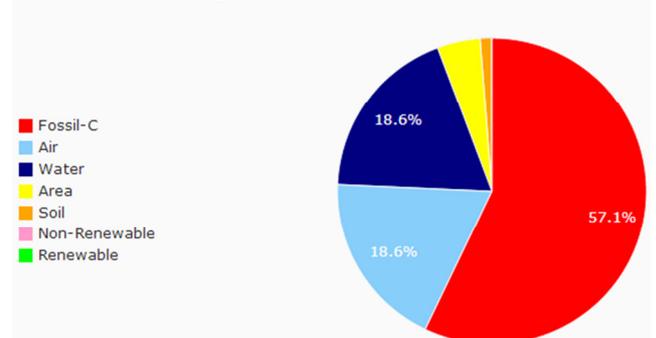
Biologische Schweinefleischproduktion SPI 193,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch beim Bioschwein hat Mastfutter mit insgesamt 59,3 % den größten Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck, gefolgt vom für die Mast herangezogenen Jungtier mit 26,7 %. Der Stromeinsatz macht 12,5 % des Fußabdrucks aus, Methanemissionen kommen auf 1,6 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



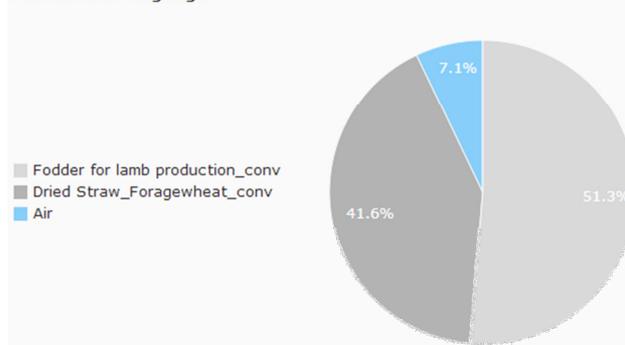
Der Anteil des fossilen Kohlenstoffs ist mit 57,1% dem in der konventionellen Produktion sehr ähnlich. Emissionen in die Luft und ins Wasser wirken sich mit jeweils 18,6 % auf den ökologischen Fußabdruck aus. Der Anteil der Fläche beträgt 4,5 %, der der Emissionen in den Boden 1,2 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Lammfleisch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Lammproduktion beträgt 194 m²/kg und ist somit um knapp 10 % größer als der der biologischen mit 177 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,68 bzw. 0,65 kg/kg Lammfleisch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

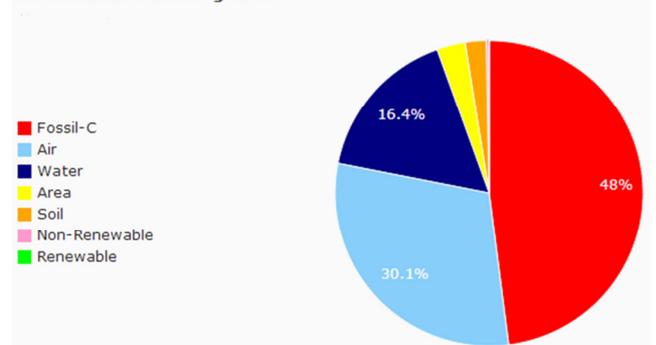
Konventionelle Lammfleischproduktion SPI 194,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Mehr als die Hälfte des ökologischen Fußabdrucks (51,3 %) ist auf das Futter des Lamms und des Mutterschafs zurückzuführen. Weitere 41,6 % beziehen sich auf das eingesetzte Streustroh. Methanemissionen machen rund 7,1 % des Fußabdrucks aus.

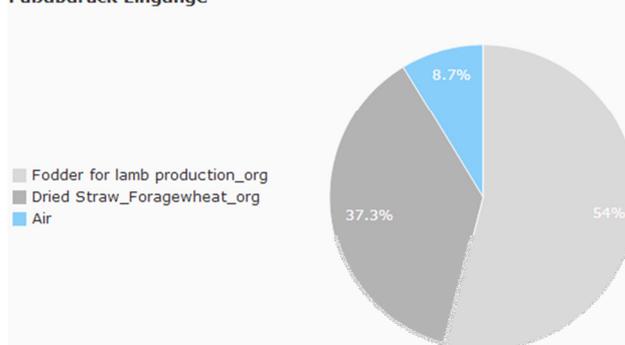
Fußabdruck SPI Kategorien



48 % des Fußabdrucks werden durch fossilen Kohlenstoff verursacht, 30,1 % durch Emissionen in die Luft. Für 16,4 % sind Emissionen ins Wasser verantwortlich. Der Anteil der verbrauchten Fläche beträgt 3 %, der der Emissionen in den Boden 2,2 %.

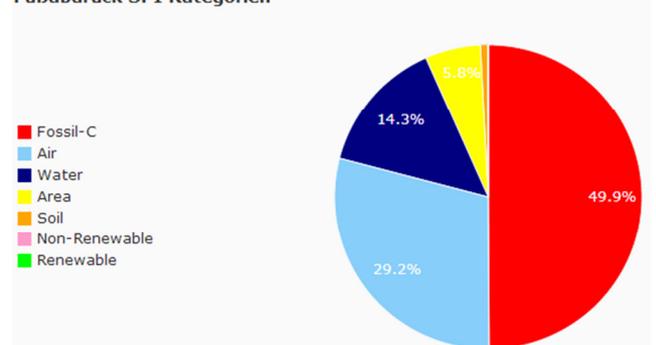
Biologische Lammfleischproduktion SPI 177,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



54 % des Fußabdrucks der biologischen Produktion gehen auf das benötigte Futter zurück. Ein gutes Drittel (37,3 %) wird durch den Bedarf an Stroh verursacht. Die restlichen 8,7 % des ökologischen Fußabdrucks gelten den Methanemissionen aus dem Verdauungstrakt der Schafe.

Fußabdruck SPI Kategorien



Kohlenstoffemissionen sind für fast die Hälfte (49,9 %) des ökologischen Fußabdrucks verantwortlich. 29,2 % werden durch Emissionen in die Luft verursacht, weitere 14,3 % durch Emissionen ins Wasser. Flächenverbrauch wirkt sich mit 5,8 % auf den Fußabdruck aus, Bodenemissionen mit 0,8 %.

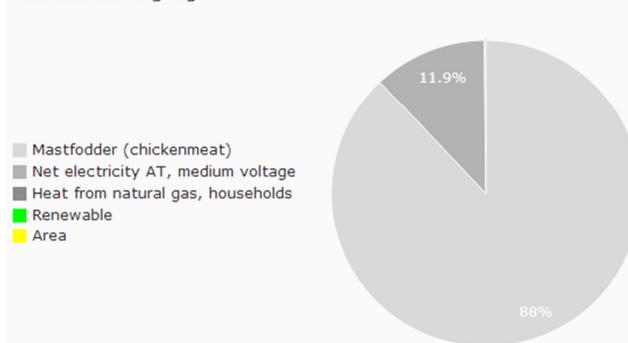
SPionWeb - Ergebnisse Hühnerfleisch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Hühnermast beträgt 130,8 m²/kg und ist somit um knapp 26 % kleiner als der der biologischen mit 176 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,52 bzw. 0,73 kg/kg Hühnerfleisch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

Konventionelle Hühnerfleischproduktion

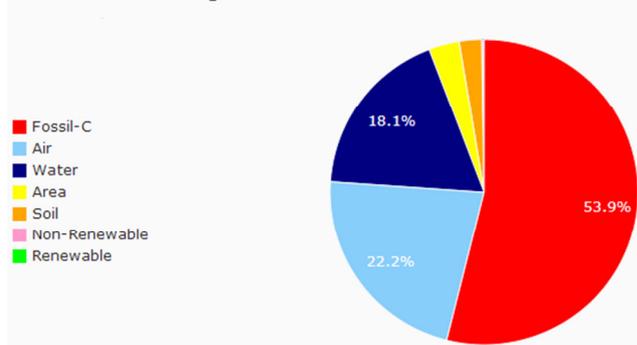
SPI 130,8 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Mastfutter macht mit 88 % bei weitem den größten Teil des ökologischen Fußabdrucks aus. Auch Stromeinsatz ist mit 11,9 % nicht unbedeutend. Wärme, Wasser und Fläche haben nur sehr geringe Auswirkungen auf den Fußabdruck.

Fußabdruck SPI Kategorien

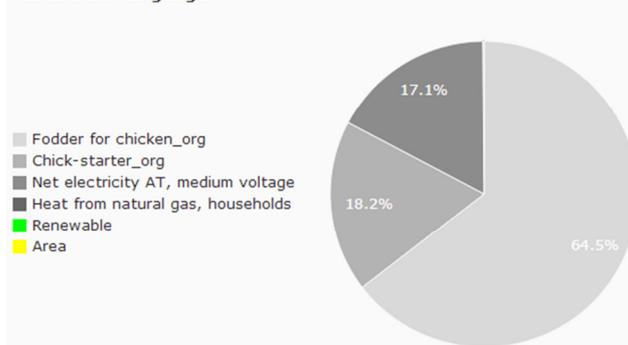


53,9 % des ökologischen Fußabdrucks begründen sich in Emissionen fossilen Kohlenstoffs. 22,2 % kommen aus Emissionen in die Luft, der Anteil der Emissionen ins Wasser beträgt 18,1 %. Auch der Flächenverbrauch und Emissionen in den Boden wirken sich mit 3,2 % und 2,3 % aus.

Biologische Hühnerfleischproduktion

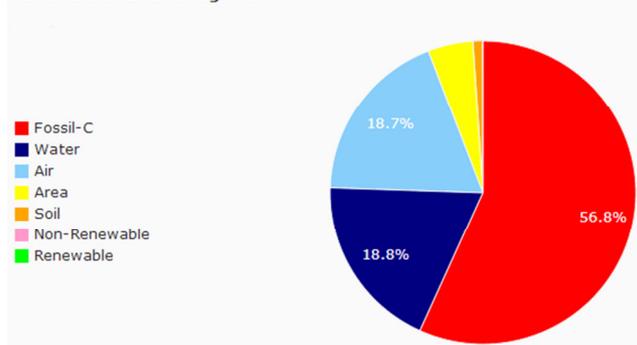
SPI 176,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch in der biologischen Hühnermast ist das Futter mit 82,7 % die bedeutendste Komponente des Fußabdrucks. Zu beachten ist dabei, dass Biohühner länger leben und daher mehr Futter benötigen als konventionelle Hühner. Der Stromeinsatz kommt auf 17,1 % des ökologischen Fußabdrucks.

Fußabdruck SPI Kategorien



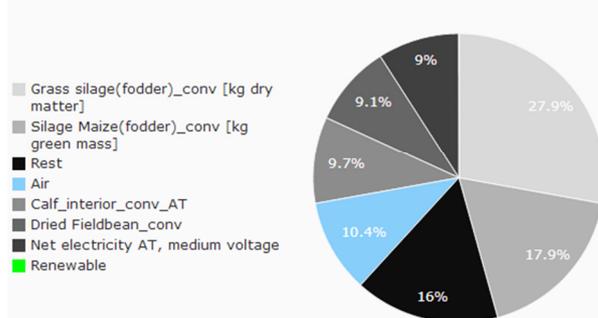
Der Großteil des ökologischen Fußabdrucks geht auf Kohlenstoffemissionen zurück, ihr Anteil beträgt 56,8 %. Die Anteile der Emissionen ins Wasser und in die Luft sind mit 18,8 % und 18,7 % fast gleich. Die verbrauchte Fläche macht 4,8 % des Fußabdrucks aus, der Anteil der Bodenemissionen beträgt 1 %.

SPIonWeb - Ergebnisse Milch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Rohmilchproduktion beträgt 45,2 m²/kg und ist somit um 53 % größer als der der biologischen mit 29,6 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,15 bzw. 0,10 kg/kg Rohmilch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

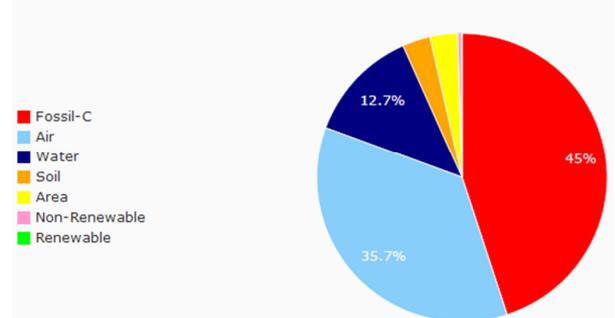
Konventionelle Milchproduktion SPI 45,2 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Über ein Viertel (27,9 %) des Fußabdrucks konventioneller Rohmilch ist auf Grassilage zurückzuführen, weitere 17,9 % auf Maissilage. Mit dem eingesetzten Heu ist der Anteil des Grundfutters 46,8%, Kraffutter macht 22,3 % des Fußabdrucks aus. Die Kalbinnenaufzucht verursacht 9,7 %, der Stromverbrauch 9 % und Methanemissionen 10,4 % des ökologischen Fußabdrucks.

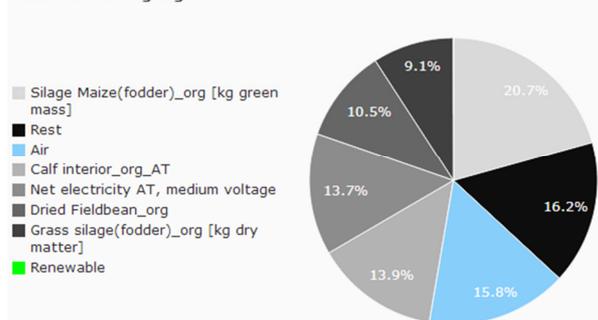
Fußabdruck SPI Kategorien



45 % des ökologischen Fußabdrucks sind auf Emissionen fossilen Kohlenstoffs zurückzuführen, weitere 35,7 % auf Emissionen in die Luft, die auch Methanemissionen der Rinder beinhalten. 12,7 % werden durch Emissionen ins Wasser verursacht. Die Anteile der Emissionen in den Boden und des Flächenverbrauchs betragen jeweils 3,1 %.

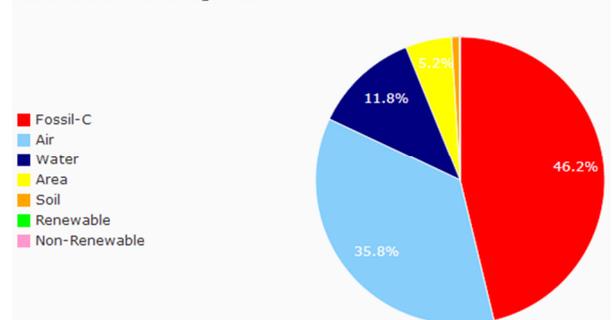
Biologische Milchproduktion SPI 29,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Bei der biologischen Produktion wirkt sich das Grundfutter mit 29,9 % auf den ökologischen Fußabdruck aus, 20,7 % macht allein der Silomais aus. Der Anteil des Kraffutters ist 24,2 %- Die Aufzucht der Kalbin zur Milchkuh schlägt sich mit 13,9 % auf den Fußabdruck nieder, der Stromverbrauch mit 13,7 %. Methanemissionen der Milchkuh machen 15,8 % des Fußabdrucks aus.

Fußabdruck SPI Kategorien



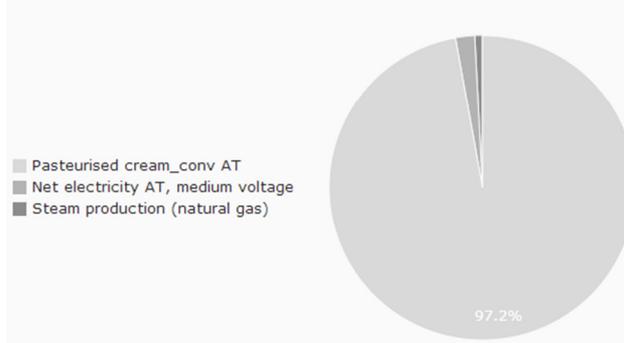
Fossile Kohlenstoffemissionen sind auch in der biologischen Milchproduktion Hauptverursacher des ökologischen Druckes mit einem Anteil 46,2 %. Auch der Einfluss anderer Emissionen in die Luft ist mit 35,8 % bedeutend. Emissionen ins Wasser sind mit 11,8 % am Fußabdruck beteiligt, der Flächenverbrauch macht etwa 5,2 % aus. Emissionen in den Boden sind gering.

SPIonWeb - Ergebnisse Rahm

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Rahmproduktion beträgt 147,4 m²/kg und ist somit um 48 % größer als der der biologischen mit 99,4 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,51 bzw. 0,36 kg/kg Schlagobers. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

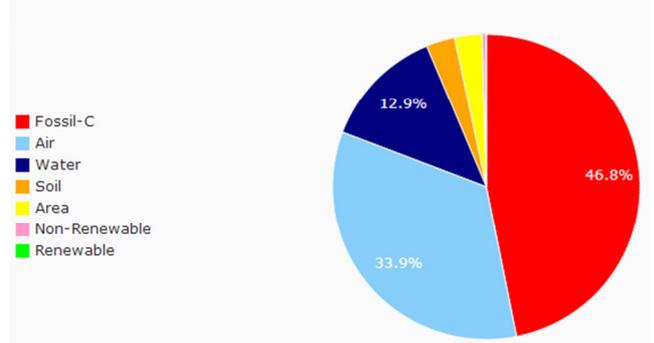
Konventionelle Rahmproduktion SPI 147,4 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fast der gesamte ökologische Fußabdruck des Schlagobers wird durch das Ausgangsprodukt pasteurisierter Rahm verursacht, der Anteil liegt bei 97,2 %. Der Stromeinsatz macht 2 % des Fußabdrucks aus, der Wärmebedarf 0,8 %.

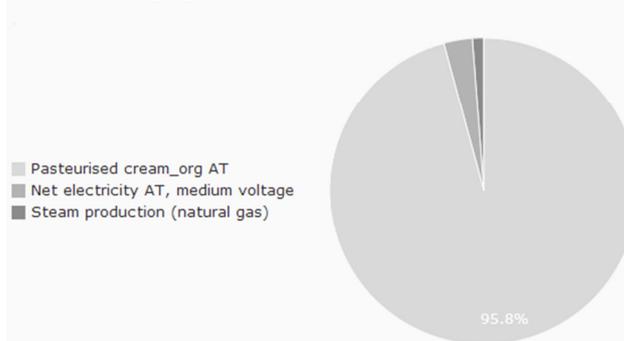
Fußabdruck SPI Kategorien



46,8 % des Fußabdrucks ist auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen, 33,9 % auf Emissionen in die Luft. 12,9 % werden durch Emissionen ins Wasser verursacht. Die Anteile der Emissionen in den Boden und der Fläche liegen bei 3 % und 2,9 %.

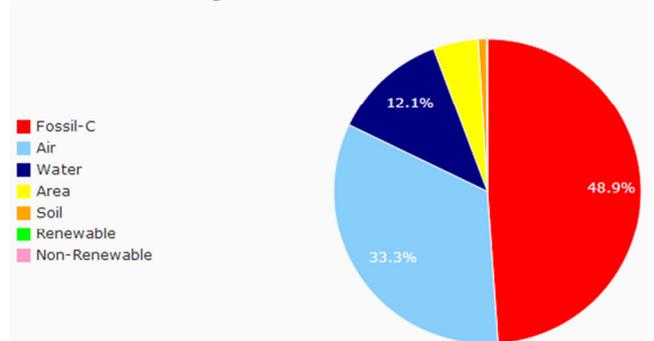
Biologische Rahmproduktion SPI 99,4 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Bei der biologischen Butterproduktion ist der Anteil des Rahms mit 95,8 % etwas kleiner als in der konventionellen Produktion. Die Anteile von Strom und Wärme liegen bei 3 % und 1,2 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



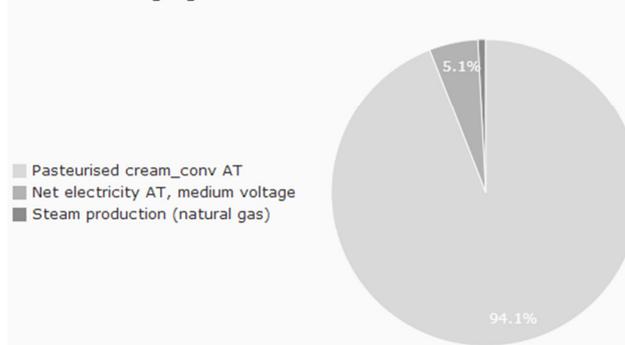
Fast die Hälfte des Fußabdrucks wird durch fossilen Kohlenstoff verursacht, 33,3 % durch Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser haben einen Anteil von 12,1 % am ökologischen Druck, die Fläche von 4,7 % und Emissionen in den Boden von 0,9 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Butter

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Butterproduktion beträgt 254,7 m²/kg und ist somit um 46 % größer als der der biologischen mit 174,3 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,89 bzw. 0,64 kg/kg Butter. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

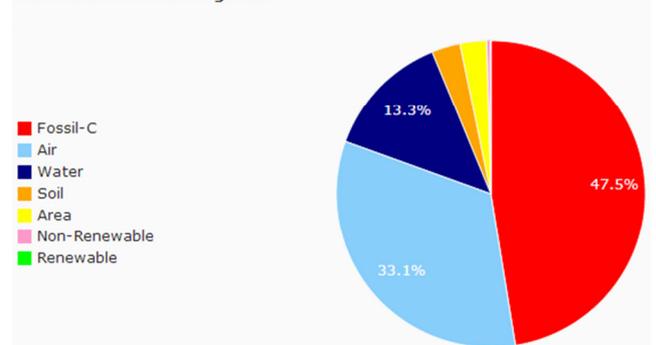
Konventionelle Butterproduktion SPI 254,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Der Großteil des ökologischen Fußabdrucks der Butter wird durch das Ausgangsprodukt Rahm verursacht, der Anteil liegt bei 94,1 %. Der Stromverbrauch macht 5,1 % des Fußabdrucks aus, der Wärmebedarf 0,8 %.

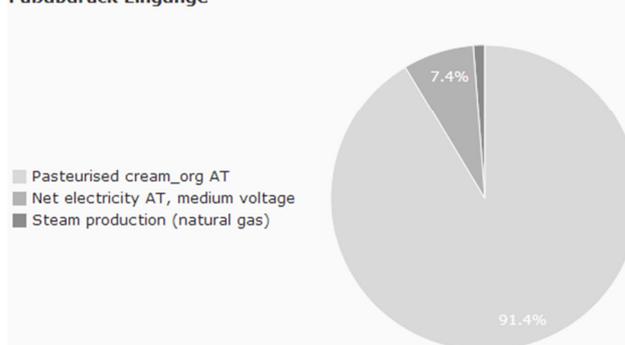
Fußabdruck SPI Kategorien



Knapp die Hälfte des Fußabdrucks ist auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen, 33,1 % auf Emissionen in die Luft. 13,3 % werden durch Emissionen ins Wasser verursacht. Die Anteile der Emissionen in den Boden und der Fläche liegen bei 3 % und 2,8 %.

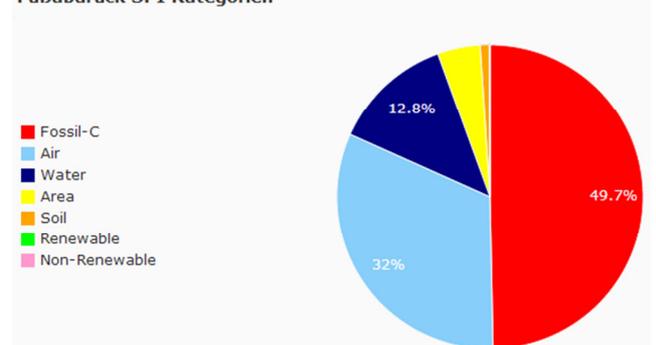
Biologische Butterproduktion SPI 174,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Bei der biologischen Butterproduktion ist der Anteil des Rahms mit 91,4 % etwas kleiner als in der konventionellen Produktion. Die Anteile von Strom und Wärme liegen bei 7,4 % und 1,2 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



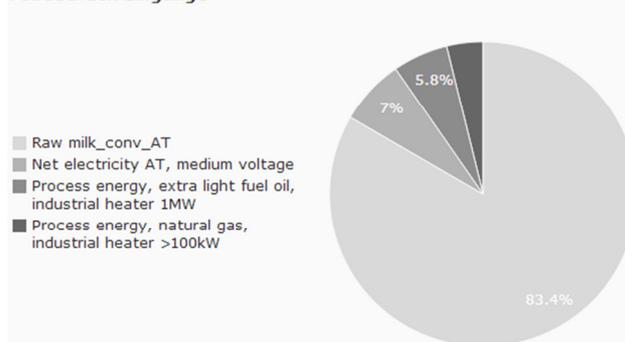
49,7 % des Fußabdrucks werden durch fossilen Kohlenstoff verursacht, 32 % durch Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser stehen für 12,8 % des ökologischen Druckes, die Fläche für 4,5 % und Emissionen in den Boden für 0,9 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Käse

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Käseproduktion beträgt 489 m²/kg und ist somit um 44 % größer als der der biologischen mit 339,7 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 1,80 bzw. 1,34 kg/kg Käse. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

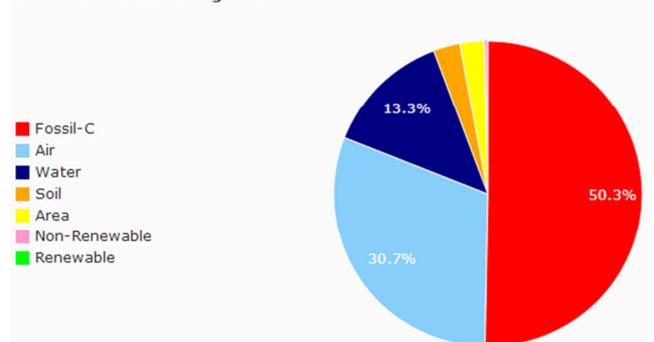
Konventionelle Käseproduktion SPI 489,0 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Der Großteil des ökologischen Fußabdrucks von Käse ist auf die eingesetzte Rohmilch zurückzuführen, ihr Anteil liegt bei 83,4 %. Der Stromeinsatz verursacht 7 % des Fußabdrucks, der Einsatz von Wärme aus Heizöl und Erdgas 9,6 %.

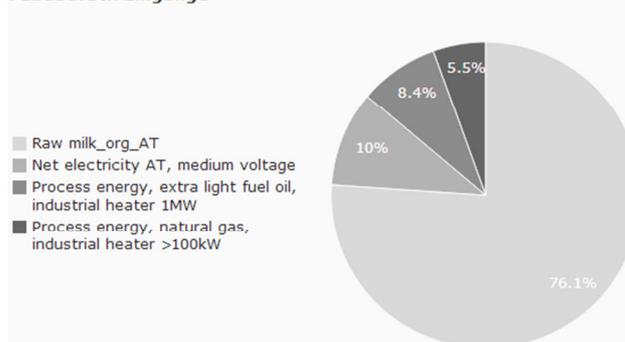
Fußabdruck SPI Kategorien



Gut die Hälfte des ökologischen Fußabdrucks wird durch fossilen Kohlenstoff verursacht. Ein knappes Drittel (30,7 %) geht auf Emissionen in die Luft zurück, weitere 13,3 % auf Emissionen ins Wasser. Emissionen in den Boden und der Flächenverbrauch haben Anteile von 2,8 % und 2,5 %.

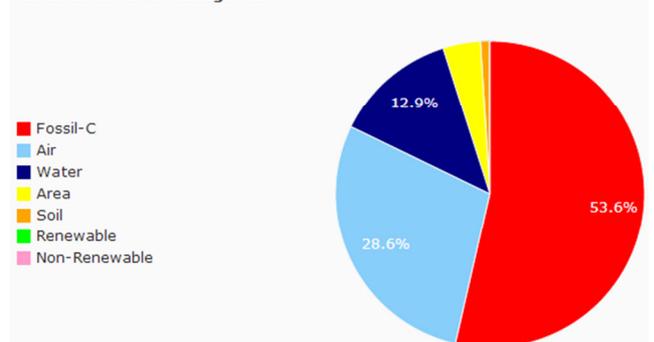
Biologische Käseproduktion SPI 339,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch bei der Produktion von Bio-Käse bestimmt die Rohmilch den Großteil des Fußabdrucks, nämlich 76,1 %. 10 % des ökologischen Fußabdrucks werden durch den Stromeinsatz herbeigeführt, Prozesswärme hat einen Anteil von 13,9 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



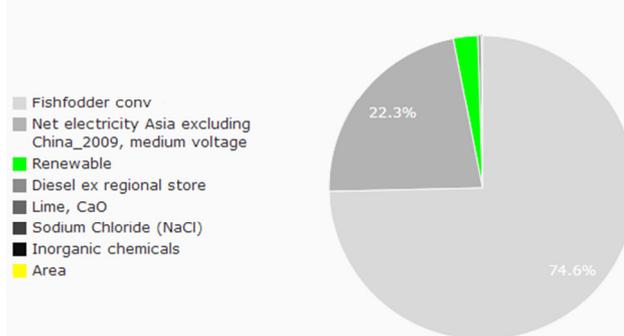
Mehr als die Hälfte des Fußabdrucks (53,6 %) geht auf Kohlenstoffemissionen zurück, 28,6 % auf Emissionen in die Luft. Emissionen ins Wasser haben einen Anteil von 12,9 %. Der Flächenverbrauch macht 3,9 % des Fußabdrucks aus, Emissionen in den Boden nur 0,9 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Zuchtfisch

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Fischzucht in Vietnam beträgt 812,5 m²/kg und ist somit fast 5,4 Mal größer als der der biologischen Fischzucht in Österreich mit 151,7 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 3,69 bzw. 0,74 kg/kg Fisch. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

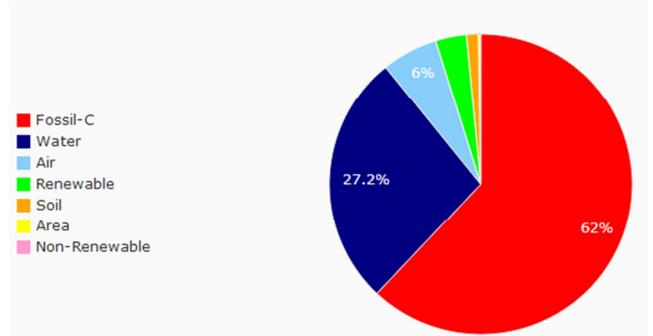
Konventioneller Zuchtfisch SPI 812,5 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Fast drei Viertel des ökologischen Fußabdrucks des Zuchtfisches werden durch das Fischfutter bestimmt. Mit 22,3 % hat auch der Stromeinsatz einen maßgeblichen Einfluss. Geringere Auswirkungen hat hingegen der Wasserverbrauch mit 2,6 %.

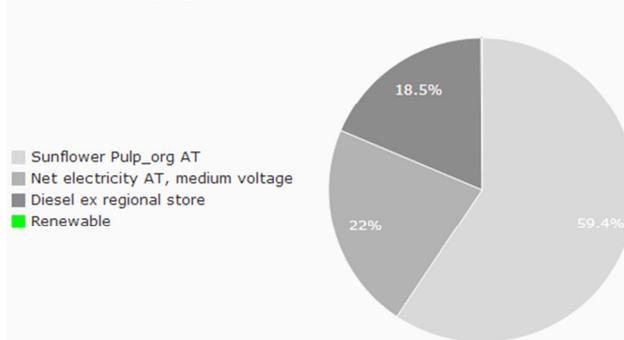
Fußabdruck SPI Kategorien



Der Anteil des fossilen Kohlenstoffs am ökologischen Fußabdruck ist mit 62 % am größten, gefolgt von Emissionen ins Wasser mit 27,2 %. Emissionen in die Luft machen 6 % aus, erneuerbare Rohstoffe und Bodenemissionen kommen auf 3,3 % bzw. 1,3 %.

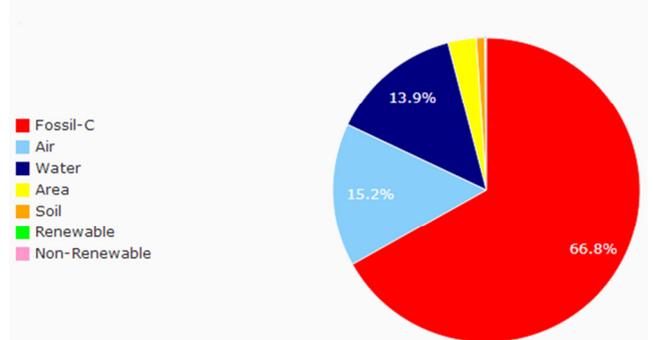
Biologischer Zuchtfisch SPI 151,7 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch beim biologischen Zuchtfisch macht das Futter mit knapp 60 % den Großteil des ökologischen Fußabdrucks aus. Der Stromeinsatz liegt bei 22 %, der Einsatz von Diesel beeinflusst den ökologischen Fußabdruck zu 18,5 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



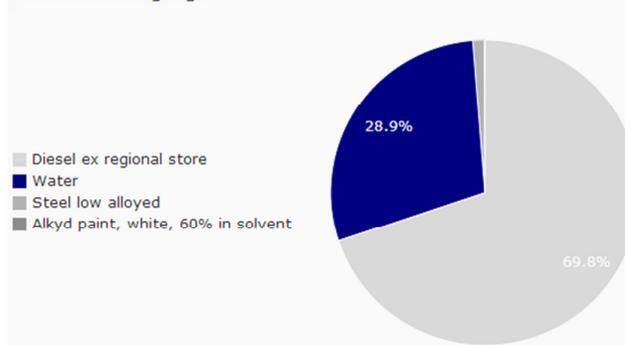
Emissionen fossilen Kohlenstoffs sind auch hier hauptverantwortlich für den ökologischen Fußabdruck, ihr Anteil beträgt 66,8 %. Emissionen in die Luft und ins Wasser liegen bei 15,2 % und 13,9 %. Der Flächenverbrauch macht 3 % aus.

SPIonWeb - Ergebnisse Hochseefisch

Der ökologische Fußabdruck des konventionellen Thunfischfangs beträgt 355,6 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 1,59 kg/kg Fisch. Die Zusammensetzung des SPI-Wertes wird nachfolgend erläutert.

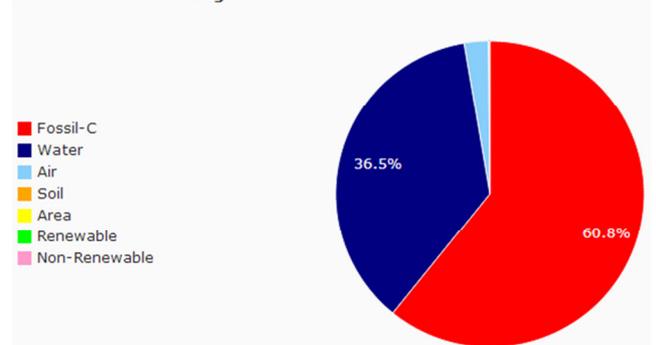
Konventioneller Fischfang SPI 355,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Die größten Umweltauswirkungen des Fischfangs hat der Dieserverbrauch, er hat einen Anteil von 69,8 % am ökologischen Fußabdruck. Sehr belastend sind auch Phosphatmissionen ins Wasser, sie sind für 28,9 % des gesamten Fußabdrucks verantwortlich. Kleinere Anteile hingegen haben Stahl und die Alkyd-farbe der Schiffe.

Fußabdruck SPI Kategorien



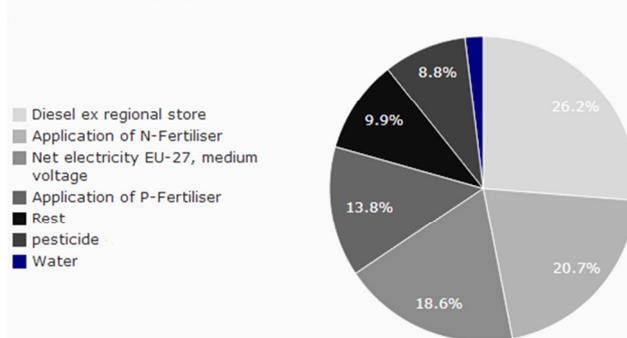
Hauptverursacher des ökologischen Druckes ist fossiler Kohlenstoff mit 60,8 % des Fußabdrucks. Ebenso einen großen Anteil haben die Emissionen ins Wasser, er beträgt 36,5 %. Vergleichsweise geringer Auswirkungen haben Emissionen in die Luft mit 2,5 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Kaffee

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Kaffeeproduktion beträgt 245,8 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,97 kg/kg Kaffee. Die Zusammensetzung des SPI-Wertes wird nachfolgend erläutert. Zu biologischer Kaffeeproduktion waren nicht genügend Daten vorhanden.

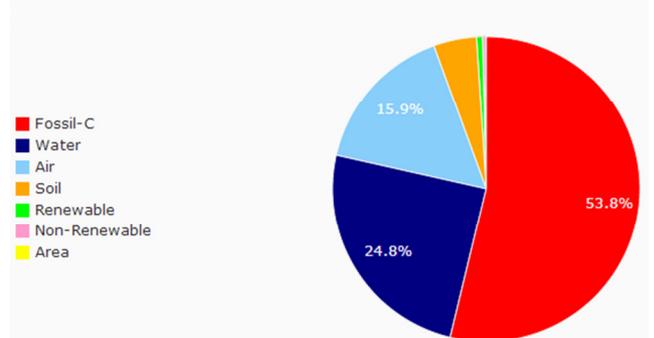
Konventionelle Kaffeeproduktion SPI 245,8 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Über ein Viertel (26,2 %) des ökologischen Fußabdrucks wird durch den Einsatz von Diesel verursacht, 20,7 % durch Stickstoffdünger. Zusammen mit anderen Düngern kommt die Düngung auf 38,7 %. Strom und Holz als Energieträger machen zusammen 19,9 % aus. Weitere 8,8 % des Fußabdrucks werden durch Pestizide verursacht.

Fußabdruck SPI Kategorien



Gut die Hälfte (53,8 %) des Fußabdrucks sind auf Emissionen fossilen Kohlenstoffs zurückzuführen. Ein Viertel (24,8 %) beruht auf den Emissionen ins Wasser, 15,9 % auf Emissionen in die Luft. Auch Emissionen in den Boden haben mit 4,5 % einen Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck. Der Verbrauch erneuerbarer Ressourcen hingegen kommt auf nur 0,6 %.

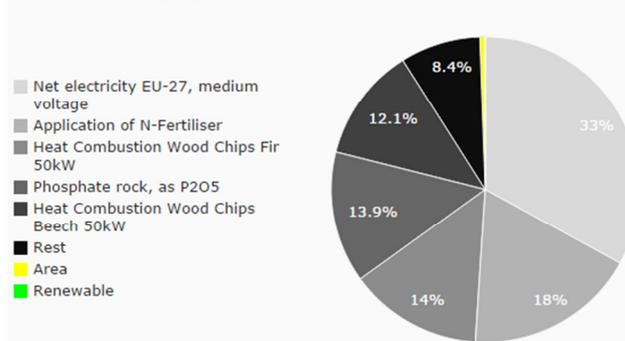
SPlonWeb - Ergebnisse Tee

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Teeproduktion beträgt 772,6 m²/kg, die Trocknung ist im Prozess bereits inkludiert. Die CO₂-Emissionen betragen 2,60 kg/kg getrocknetem Tee. Die Zusammensetzung des SPI-Wertes wird nachfolgend erläutert. Zu biologischer Teeproduktion waren nicht genügend Daten vorhanden.

Konventionelle Teeproduktion

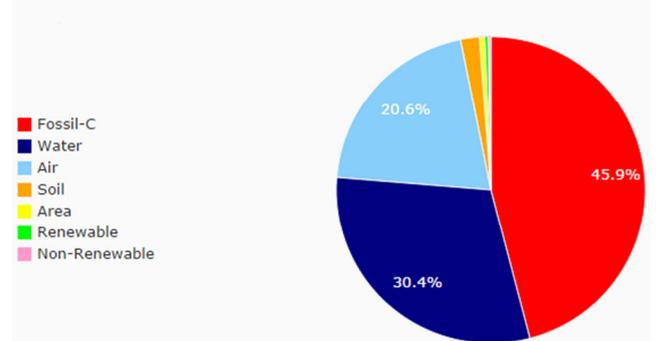
SPI 772,6 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Elektrische Energie für die Trocknung des Tees hat mit 33 % den größten Anteil am ökologischen Fußabdruck, gefolgt von thermischer Energie aus Biomasse (26,1 %) und fossilen Energieträgern (3,1 %). Düngemittel verursachen 37,2 % des Fußabdrucks. Der Flächenverbrauch hat einen Anteil von 0,5 %.

Fußabdruck SPI Kategorien



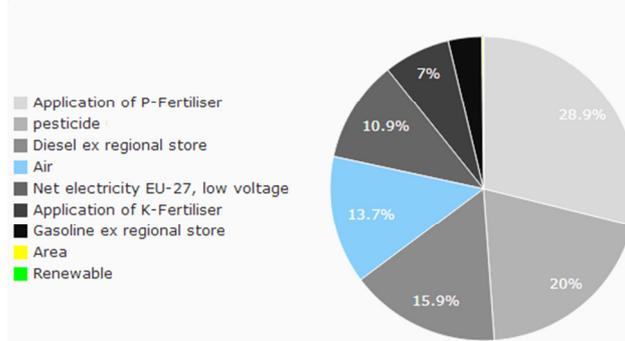
Fossiler Kohlenstoff ist für knapp die Hälfte (45,9 %) des ökologischen Fußabdrucks verantwortlich. Fast ein Drittel (30,4 %) sind auf verschiedene Emissionen ins Wasser zurückzuführen, Emissionen in die Luft machen 20,6 % aus. Die Anteile der Emissionen in den Boden, der Fläche und der verbrauchten erneuerbaren Ressourcen liegen insgesamt bei 2,9 %.

SPlonWeb - Ergebnisse Kakao

Der ökologische Fußabdruck der konventionellen Kakaoproduktion beträgt 229,9 m²/kg und ist somit um 60 % größer als der der biologischen mit 143,3 m²/kg. Die CO₂-Emissionen betragen 0,75 bzw. 0,58 kg/kg Kakaobohnen. Die Zusammensetzung der verschiedenen SPI-Werte wird nachfolgend erläutert.

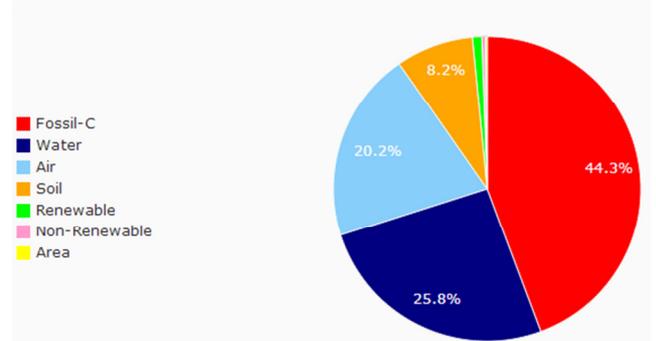
Konventionelle Kakaoproduktion SPI 229,9 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



28,9 % des Fußabdrucks konventioneller Kakaobohnen werden durch den Einsatz von P-Dünger verursacht, weitere 20 % durch Pestizide. Diesel ist für 15,9 % verantwortlich, Strom für 10,9 %. Mit Benzin beträgt der Anteil des gesamten Energieeinsatzes also 30,3 %. Alle Düngemittel zusammen kommen auf 35,9 %, Emissionen in die Luft, vor allem SO₂, kommen auf 13,7 %.

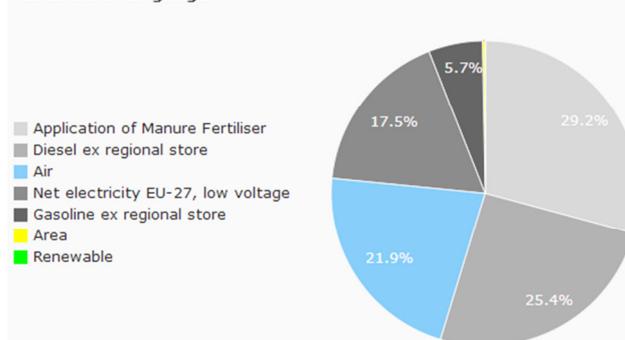
Fußabdruck SPI Kategorien



44,3 % des Fußabdrucks sind auf fossilen Kohlenstoff zurückzuführen. Emissionen ins Wasser machen über ein Viertel (25,8 %) des ökologischen Fußabdrucks aus, weitere 20,2 % sind Emissionen in die Luft zuzuschreiben. Der Anteil der Emissionen in den Boden beträgt 8,2 %, der des Verbrauchs erneuerbarer Ressourcen 1 %.

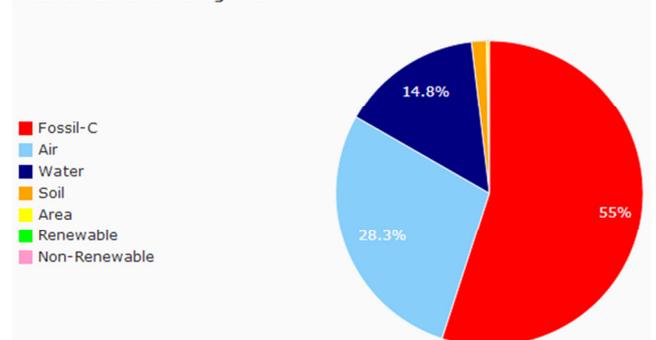
Biologische Kakaoproduktion SPI 143,3 m²/kg

Fußabdruck Eingänge



Auch beim biologischen Anbau hat Dünger mit 29,2 % einen großen Einfluss auf den Fußabdruck. Die Anteile von Treibstoffen und Strom betragen 31,1 % und 17,5 %, zusammen ergibt das 48,6 %. Die SO₂-Emissionen haben einen Anteil von 21,9 % am ökologischen Fußabdruck.

Fußabdruck SPI Kategorien



Der Anteil der Kohlenstoffemissionen ist mit 55 % der größte, an zweiter Stelle folgen Emissionen in die Luft mit 28,3 %. Emissionen ins Wasser sind zu 14,8 % am Fußabdruck beteiligt. Emissionen in den Boden und Flächenverbrauch haben mit 1,6 % und 0,3 % einen kleineren Einfluss.