

Klima- und Energiebilanz des CSA-Betriebs ortoloco

Vergleich von vier Gemüsekulturen mit anderen Bio-Anbauverfahren

Lea Egloff

Bachelorarbeit

Abgabedatum: 5. September 2013

ZHAW Wädenswil

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Vertiefung Biolandbau und Hortikultur

Fachkorrektoren:

Dr. Matthias Meier, Nachhaltigkeitsanalyse, FiBL

Prof. Jürg Boos, Leiter Forschungsgruppe Hortikultur, ZHAW

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Keywords: Gemüse, Energiebilanz, Klimabilanz, CSA, ortoloco

Zitiervorschlag: Egloff, Lea (2013): Klima- und Energiebilanz des CSA-Betriebs ortoloco, Vergleich von vier Gemüsekulturen mit anderen Bio-Anbauverfahren. ZHAW Wädenswil, Bachelorarbeit, UI10. In Zusammenarbeit mit FiBL Schweiz, Frick

Kontakt: ortoloco, Spreitenbacherstrasse 35, 8953 Dietikon, info@ortoloco.ch

Inhalt

Zusammenfassung.....	5
Abstract.....	6
1. Einleitung.....	7
1.1 Relevanz der Thematik.....	7
1.2 Ökobilanzierung.....	8
1.2.1 Verwendung von Ökobilanzen.....	8
1.2.2 Ökobilanzen in der Landwirtschaft.....	9
1.3 Aktueller Forschungsstand.....	10
1.3.1 Biologische Landwirtschaft.....	10
1.3.2 Klima- und Energiebilanz von Gemüse.....	10
1.3.3 CSA und Nachhaltigkeit.....	11
1.4 Ziele und Fragestellungen.....	12
1.5 Motivation der Autorin.....	12
2. Material und Methoden.....	13
2.1 FiBL-„Betriebsmodell Energie und Klima“.....	13
2.1.1 Modellbeschreibung.....	13
2.1.2 Lachgasmodell.....	13
2.1.3 Feingemüsemodell.....	14
2.1.4 Berechnungen Energie- und Klimabilanz.....	16
2.2 Untersuchte Anbauverfahren.....	16
2.2.1 Funktionelle Einheit.....	17
2.2.2 Datenerhebung.....	17
2.2.3 Sensitivitätsanalysen.....	17
3. Resultate.....	18
3.1 Energiebilanz.....	18
3.1.1 Vergleich der Anbauverfahren.....	18
3.1.2 Kategorie „Saat/Pflanzung“.....	21
3.2 Klimabilanz.....	23
3.2.1 Vergleich der Anbauverfahren.....	23
3.2.2 Kategorie „Saat/Pflanzung“.....	26
3.2.3 Kategorie „Düngung“.....	28
3.3 Sensitivitätsanalyse.....	29
3.3.1 Ertrag.....	29
3.3.2 Emissionen Kompostierungsprozess.....	31
3.3.3 Anreise der GenossenschafterInnen.....	32
4. Diskussion.....	35
4.1 Ausschlaggebende Prozesse.....	35
4.2 Vergleich mit anderen Studien.....	36
4.3 Verwendete Daten.....	37
4.4 Sensitivitätsanalyse.....	37
4.5 Besonderheiten von ortoloco.....	38
5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	40
6. Literatur.....	41
Verzeichnis der Bilder.....	43

Verzeichnis der Tabellen.....	45
Dank	46
Anhang A – Aufgabenstellung.....	47
Anhang B – Beschreibung der Betriebe	49
Anhang C – Fragebögen	50
Anhang D – Neu modellierte Prozesse	60
Anhang E – Werte für Energie- und Klimabilanz.....	71
Anhang F – Werte für Lachgasmodell.....	77
Anhang G – Resultate	78
Anhang H – Zitierte Grafiken.....	80

Zusammenfassung

Weltweit organisieren sich zunehmend KonsumentInnen und ProduzentInnen in gemeinschaftlich organisierten Initiativen, um lokale Versorgungsnetze, sogenannte CSA-Betriebe (Community Supported Agriculture), aufzubauen. Einer dieser neu entstandenen Betriebe ist ortoloco in Dietikon, Schweiz. Um das Potenzial von CSA zu erfassen und herauszufinden, ob diese Landwirtschaftsform nicht nur in ihren Grundsätzen sondern auch in der praktischen Durchführung nachhaltiger ist als die herkömmliche Praxis, braucht es wissenschaftliche Untersuchungen.

In dieser Bachelorarbeit wurden mit dem FiBL-„Betriebsmodell“ die Energie- und Klimabilanz der Kulturen Kopfsalat, Buschbohnen, Zucchini und Tomaten aus drei biologischen Anbauverfahren (Gemüsekooperative ortoloco, Brüederhof Gerd Kessens, Standardverfahren) nach einem Ökobilanzansatz modelliert und miteinander verglichen. Es wurde nur die landwirtschaftliche Produktion berücksichtigt. Der Vergleich erfolgte pro Produktmenge (MJ bzw. kg CO₂ eq / kg Gemüse).

Das Anbauverfahren von ortoloco verbraucht für alle vier Kulturen am wenigsten nicht-erneuerbare Energie und verursacht am wenigsten Treibhausgasemissionen. Bei den Kulturen Buschbohnen und Tomaten ist der Energieverbrauch im Standardverfahren am höchsten, bei Kopfsalat und Zucchini im Anbauverfahren des Brüederhofs. Bei den Kulturen Buschbohnen, Zucchini und Tomaten hat das Standardverfahren die höchste Klimawirkung, beim Kopfsalat das Anbauverfahren des Brüederhofs. Die Energiebilanz des Anbauverfahrens von ortoloco beläuft sich beim Kopfsalat auf 16%, bei den Buschbohnen auf 9%, bei den Zucchini auf 17% und bei den Tomaten auf 8% des Standardverfahrens. Bei der Klimabilanz verursacht das Anbauverfahren von ortoloco beim Kopfsalat 15%, bei den Buschbohnen 10%, bei den Zucchini 28% und bei den Tomaten 46% der Treibhausgasemissionen des Standardverfahrens.

Für die Energie- und Klimabilanz aller Anbauverfahren sind hauptsächlich die Gewächshäuser, das Setzlingssubstrat und die Mulchfolien, für die Klimabilanz zudem die Kompostemissionen und Lachgasemissionen aus dem Boden relevant. In den Sensitivitätsanalysen wurde der Einfluss des Ertragsniveaus, verschiedener Emissionswerte der Kompostdünger und der Anreise der GenossenschaftlerInnen zur Mitarbeit untersucht. Die meisten Resultate zeigen bei den Sensitivitätsanalysen ein robustes Verhalten. Wird die Anreise zur Mitarbeit miteinbezogen, hat dies insbesondere einen Einfluss auf die Buschbohnen, welche dadurch den höchsten Energieverbrauch aller Verfahren aufweisen.

Aus dieser Arbeit lassen sich folgende allgemeine Empfehlungen für den biologischen Gemüseanbau ableiten: Die Beheizung von Gewächshäusern gilt es zu minimieren, der Einsatz von torfhaltigem Setzlingssubstrat und einjährigen Mulchfolien soll vermieden werden.

Die Gemüsekooperative ortoloco kann aufgrund ihrer Organisationsstruktur und der damit im Zusammenhang stehenden Produktionspraxis den Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie und die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu anderen biologischen Anbauverfahren massgeblich reduzieren und ist somit ein Exempel für eine klimafreundliche und energieeffiziente Anbauweise. Ausschlaggebend sind insbesondere die gesamte Verwertung der Erträge, die Verwendung von torffreiem Substrat für die Setzlingsanzucht, der tiefe Düngerbedarf und die geringe Mechanisierung.

Abstract

Globally, initiatives are on the increase that strengthen local agricultural supply networks by directly linking producers and consumers, so called „Community Supported Agriculture“ (CSA) schemes. One such cooperative initiative is ortoloco, based in Dietikon, Switzerland. Such initiatives are generally perceived as an environmental friendly way of production. However, research is needed to assess whether CSA farms represent a more sustainable alternative to conventional agriculture, both in theory and in practical implementation.

In this thesis, the energy and carbon footprint of various crops (lettuce, bush beans, zucchini and tomatoes) from three organic vegetable production systems (vegetable cooperative ortoloco, Brüederhof Gerd Kessens and standard organic vegetable production system) were modelled using a life cycle approach, and compared using the FiBL „Betriebsmodell“. Only the agricultural production stage was considered, with the functional unit as one kilogram of product (MJ / kg and CO₂ eq / kg of vegetables).

For all four crops, the cultivation system of ortoloco used the least amount of non-renewable energy and had the lowest greenhouse gas emissions. For bush beans and tomatoes, energy consumption was highest using standard system, for lettuce and zucchini the cultivation system caused the highest energy consumption. For bush beans, zucchini and tomatoes, standard system had the highest global warming impacts, with lettuce emissions highest in the cultivation system of Brüederhof. When compared to the energy requirements of standard system according to FiBL's „Betriebsmodell“, production at ortoloco amounted to only 16% for lettuce, 9% for bush beans, 17% for zucchini, and 8% for tomatoes. Similarly, the carbon footprint of the ortoloco production process was only 15% of average emissions for lettuce, 10% for bush beans, 28% for zucchini and 48% for tomatoes.

The main sources of energy use and carbon emissions for all cultivation systems was dominated by greenhouse use, seedling substrate and mulch films, and additionally for the carbon footprint, compost emissions and nitrous oxide emissions from the soil. In the sensitivity analysis, the influence of yield levels, different emissions estimates for compost fertilizer and the travel of cooperative members to and from the farm were examined. Most of the results were robust to the sensitivity analysis, but the travel of cooperative members has a particular impact on the bush beans, which have the highest energy consumption when travel is included across all processes.

The research results lead to the following recommendations for organic vegetable production: the heating of greenhouses should be minimized, and the use of turf-containing seedling substrate and annual mulch films should be avoided.

It is likely that the organizational structure of the vegetable cooperative ortoloco (and the related production practices) significantly reduces the need for non-renewable energy and prevents greenhouse gas emissions, compared to other organic farming systems. The ortoloco production system is thus an example of a climate-friendly and energy-efficient cultivation. The relevant factors include particularly the overall utilization of the yields, the use of turf-free substrate for seedling production, low fertilizer use and low mechanization.

1. Einleitung

Unsere Gesellschaft steht vor der Herausforderung, auf eine nachhaltige Weise eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Doch bereits heute ist die globale Ernährungssicherheit nicht gewährleistet. Weltweit hungern über eine Milliarde Menschen, hinzu kommen zwei Milliarden mit Fehlernährung – teils aus Mangel, teils aus Übermass an Nahrung. Gleichzeitig werden natürliche Ressourcen wie Boden, Wasser und nicht-erneuerbare Energieträger übernutzt. Eine Vielzahl von Entwicklungen verstärken die Problematik: Steigender Fleischkonsum, vermehrte Fettleibigkeit, Food Waste, Börsenspekulation mit Lebensmitteln, Klimawandel, Bodendegradierung, Biokraftstoffe, etc. (Landwirtschaft, 2009).

Genug Grund um zu verzweifeln und schwarz zu sehen? Nicht für alle: Weltweit organisieren sich zunehmend KonsumentInnen und ProduzentInnen in gemeinschaftlich organisierten Initiativen, welche lokale Versorgungsnetze aufbauen. Diese Initiativen werden oft unter dem Namen „Community Supported Agriculture“ (CSA) zusammengefasst, in der Deutschschweiz ist auch von „Regionaler Vertragslandwirtschaft“ (RVL) die Rede. In der französischen Schweiz existieren CSA-Betriebe seit den 80er-Jahren, in der Deutschschweiz sind in den letzten Jahren vielerorts neue Initiativen entstanden, so z.B. ortoloco in Dietikon. Diese Art des (Land-)wirtschaftens wird vermehrt in der Öffentlichkeit und in den Medien diskutiert. Anfangs v.a. in der Tagespresse im Kontext des städtischen Gärtners und des Trends des „nachhaltigen Konsums“, in letzter Zeit auch in der landwirtschaftlichen Fachpresse, z.B. im „bioaktuell“ (Spuhler, 2013).

Ein wichtiger Grundsatz dieser Initiativen ist die soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit. Sie wird gelebt, diskutiert und entwickelt, bisher jedoch kaum wissenschaftlich untersucht. Ist das CSA-Modell nicht nur in seinen Grundsätzen sondern auch in der praktischen Durchführung nachhaltig? Bemerkenswert ist, dass der Buschberghof, der älteste CSA-Betrieb Deutschlands, im Jahre 2009 den „Förderpreis Ökologischer Landbau“ erhielt, da der Hof mit seinem Betriebskonzept erfolgreich und nachhaltig einen für Deutschland neuartigen Weg der Betriebsführung gegangen sei (BMELV, 2009). Auf deutscher Bundesebene wurde das CSA-Modell somit bereits als nachhaltig anerkannt.

Damit das Potential von CSA erfasst und schliesslich genutzt werden kann, braucht es mehr als hochlobende Zeitungsartikel und Förderpreise, es braucht wissenschaftliche Untersuchungen.

1.1 Relevanz der Thematik

Die Lebensmittelproduktion ist mit eine der Hauptursachen der Umweltprobleme unseres Planeten. Eine Studie von Jungbluth und Itten (2012) über die Schweizer Konsumbereiche zeigt, dass die Bereiche Ernährung, Wohnen-Energie-Wasser und private Mobilität in dieser Reihenfolge die höchste Umweltbelastung verursachen (Abbildung 25, Anhang H).

In der Industrie dominieren die Kohlendioxid-Emissionen (CO_2) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe das Treibhauspotenzial eines Produktes. Neben CO_2 -Emissionen der landwirtschaftlichen Maschinen haben in der Landwirtschaft Methan (CH_4) aus der Fermentation in Wiederkäuermägen, aus der Hofdüngerlagerung oder aus dem Reisanbau und Lachgasemissionen (N_2O) aus gedüngten Ackerböden und Grünlandflächen und aus der Hofdüngerlagerung das grösste Treibhauspotenzial. Eine Ausnahme bilden beheizte Gewächshauskulturen, welche relativ hohe CO_2 -Emissionen verursachen aufgrund der Verwendung von Heizöl, Erdgas und Elektrizität.

Gemäss dem Weltklimarat (IPCC) ist die Landwirtschaft inklusive der von ihr verursachten Landnutzung für 31% aller weltweit durch den Menschen ausgestossenen Klimagasemissionen verantwortlich (Landwirtschaft, 2009). Die Herstellung von tierischen Produkten verursacht meist höhere Emissionen als jene von pflanzlichen Produkten (Jungbluth und Itten, 2012). Werden die Emissionen für Produktion, Verarbeitung, Transport, Verteilung, Kühlung, Zubereitung und Entsorgung von Lebensmitteln und anderen Agrarprodukten hinzugerechnet, ist die Nahrungsmittelproduktion und unsere Ernährungsweise für rund 40% aller menschlichen Klimagasemissionen verantwortlich (Landwirtschaft, 2009).

Die landwirtschaftliche Produktion trägt somit den grössten Anteil der Klimagasemissionen entlang der ganzen Nahrungsmittelkette. Dies bestätigt unter anderem auch eine Studie der Cranfield University, welche der Primärproduktion 56% der Emissionen anlastet (Audsley, Brander et al., 2009). Jungbluth (2000) kommt ebenfalls zum Schluss, dass vor allem bei niedrig verarbeiteten Lebensmitteln die landwirtschaftliche Produktion den Grossteil der Umweltbelastungen verursacht. Relevant sind hauptsächlich die Klimagase CH₄ und N₂O, die Eutrophierung durch Nitrat und Phosphat, die Belastung durch Pestizide und Schwermetalle sowie der Verbrauch von Land und Wasser (Jungbluth und Itten, 2012).

Über 70% der anthropogenen N₂O-Emissionen stammen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (Duxbury, Harper et al., 1993). Die Klimawirkung von N₂O ist rund 298-fach höher als die von CO₂ (IPCC, 2006). N₂O entsteht in der Landwirtschaft vor allem durch die mikrobiologischen Bodenprozesse Nitrifikation und Denitrifikation, bei der Lagerung, Aufbereitung und Ausbringung von Hofdüngern (Gülle, Mist, Kompost) und bei der Einarbeitung von Zwischenfrüchten (Bischofberger und Gattinger, 2011). Nitrifikation und Denitrifikation werden beschleunigt durch Bodenbearbeitung, insbesondere durch tiefgründiges Pflügen oder starke Verkleinerung der Bodenkrümel. Die N₂O-Emissionen aus dem Boden sind komplex und bis jetzt wenig erforscht, zuverlässige Quantifizierungsmethoden sind rar.

1.2 Ökobilanzierung

1.2.1 Verwendung von Ökobilanzen

Ökobilanzen quantifizieren die Umweltwirkungen eines Produktes, eines Prozesses, einer Dienstleistung oder einer ganzen Unternehmung. Dabei wird der ganze Lebenszyklus, von der Herstellung über die Verwendung bis zur Entsorgung, berücksichtigt. Ökobilanzen zeigen auf, bei welchen Prozessen am meisten Ressourcen verbraucht werden, Schadstoffemissionen oder andere Umweltbelastungen entstehen. Die Auswirkungen werden abgeschätzt und in verschiedene Umweltwirkungskategorien eingeteilt: Verbrauch von nicht-erneuerbaren Ressourcen, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Ozonbildungspotenzial, Ozonschichtzerstörungspotenzial, Wasserverschmutzung und Ökotoxizität (ISO, 2006), (ISO, 2006).

Die Methode der Ökobilanz ermöglicht es, Systeme, welche dieselbe Funktion erfüllen, miteinander zu vergleichen. Zu Beginn der Ökobilanz-Forschung war die Herangehensweise der WissenschaftlerInnen unterschiedlich, mittlerweile wurde mit ISO 14040 und ISO 14044 ein einheitlicher Standard geschaffen. Die aktuelle Fassung aus dem Jahr 2006 unterteilt und definiert vier Arbeitsschritte einer Ökobilanz: Zieldefinition, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung (ISO, 2006).

1.2.2 Ökobilanzen in der Landwirtschaft

Ursprünglich kommen Ökobilanzen aus dem Industrie- und Gewerbebereich, seit ca. 20 Jahren werden sie auch für die Landwirtschaft angewendet. Sie werden eingesetzt, um Prozesse zu optimieren oder um Anbausysteme untereinander zu vergleichen. Da landwirtschaftliche Systeme einige Besonderheiten aufweisen, bringt die Anwendung von Ökobilanzen eine Reihe von Herausforderungen mit sich:

- **Multifunktionalität:** Nebst der Produktion von Nahrungsmitteln erfüllt die Landwirtschaft andere Funktionen wie Landschaftspflege und dezentrale Besiedlung. Diese werden bei einer Ökobilanz nicht berücksichtigt.
- **Offene Systeme:** Klima und Bodenfruchtbarkeit sind ausschlaggebend für das Pflanzenwachstum. Die in diesem Zusammenhang stehenden Prozesse (Niederschlag, Temperatur, Schädlingsdruck, etc.) sind jedoch kaum oder nur bedingt kontrollierbar.
- **Diversität:** Abhängig von Tradition und Region wird unterschiedlich gewirtschaftet. Es gibt eine Vielfalt von Sorten und Rassen, Anbaumethoden und Maschinen, Düngern und Pestiziden, Betriebsgrößen und Organisationsstrukturen. Ein global anwendbares Ökobilanzierungsmodell muss deshalb die Aspekte der Regionalität berücksichtigen.
- **Variabilität:** Die landwirtschaftliche Produktion verläuft saisonal und von Jahr zu Jahr unterschiedlich ab.
- **Biodiversität und Bodenqualität:** Noch existieren keine anerkannten Bewertungsmethoden für diese beiden Wirkungskategorien, oft werden sie deshalb in Ökobilanzen vernachlässigt.

Obwohl mit den ISO-Normen einheitliche Standards entwickelt wurden, ist jede Ökobilanzstudie spezifisch. Verschiedene Studien sind oft nicht miteinander vergleichbar, da für die Bilanzierung unterschiedliche Modelle und Dateninventare verwendet werden.

Da entlang der Nahrungsmittelkette meistens die höchsten Umweltbelastungen in der landwirtschaftlichen Produktion entstehen (Audsley, Brander et al., 2009), wird bei Ökobilanzen die Systemgrenze oft beim „Hoftor“ gezogen, das heisst, es werden lediglich die Vorketten und die landwirtschaftliche Produktion bilanziert. Der weitere Lebensweg der Nahrungsmittel (Lagerung, Verpackung, Distribution, Verarbeitung, Konsum, Entsorgung) wird meistens nicht bilanziert.

Abhängig von der Forschungsfrage wird für jede Ökobilanz eine funktionelle Einheit gewählt, welche den Vergleich verschiedener Produkte und/oder Systeme ermöglicht. Für landwirtschaftliche Studien wird am häufigsten die Produktmenge verwendet (kg Produkt), weitere sind die Flächen- und Zeiteinheit (ha/a) sowie der Nährwert (MJ).

1.3 Aktueller Forschungsstand

Die Ökobilanzierung als Instrument zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Produkten gewinnt an Bedeutung. In der Schweiz führen das Eidgenössische Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Hochschulen (ETH, ZHAW, HAFL) und private Umweltbüros wie die ESU-services GmbH eine Vielzahl von Untersuchungen durch. Die Forschungen konzentrieren sich hauptsächlich auf die Viehwirtschaft und den Ackerbau, da diese für die Schweiz wirtschaftlich bedeutend sind (Chassot, Philipp et al., 2005, Nemecek, Charles et al., 2005, Bopp, 2009, Alig, Grandl et al., 2012). Oft werden zudem verschiedene Anbaumethoden verglichen, z.B. biologischer Anbau versus integrierte Produktion (Alföldi, Schmid et al., 1999, Nemecek, Dubois et al., 2011).

1.3.1 Biologische Landwirtschaft

Bei Ökobilanzen, welche biologische und konventionelle Landbausysteme vergleichen, führt der Biolandbau pro Produktmenge oftmals zu höheren Umweltbelastungen, als Begründung werden die tieferen Erträge im Biolandbau genannt. Häufig wird daraus die Schlussfolgerung gezogen, dass extensive Produktionssysteme unökologisch, ineffizient und somit nicht zukunftsfähig seien. Wie Meier et al. (2013) in einem Review-Artikel allerdings zeigen konnten, liegt der Grund für die schlechten Resultate biologisch produzierter Produkte nicht immer bei der geringeren Produktivität. Oftmals werden die Systeme zu wenig genau differenziert und Annahmen und Modelle verwendet, welche für die intensive Landwirtschaft zutreffen, nicht aber ohne weiteres auf extensive Systeme übertragen werden können. Z.B. sind die Modelle für Stickstoffemissionen in erster Linie auf konventionelle Landbausysteme abgestimmt, wie zum Beispiel die von Mineraldünger. Meier et al. (2013) identifizierten das grösste Verbesserungspotenzial im Bereich der Modellierung der Stickstoffemissionen (N₂O, NO₃⁻, NH₃⁻).

Wichtige ökologische Parameter wie Biodiversität oder Bodenfruchtbarkeit werden in Ökobilanzen kaum erfasst. Diese einseitige Betrachtungsweise begünstigt bei Vergleichen grosse intensive Betriebe. Nachteile dieser Betriebe, wie erhöhter Schädlingsdruck und Bodenerosion bei Monokulturen, werden dadurch vernachlässigt.

1.3.2 Klima- und Energiebilanz von Gemüse

Stössel et al. (2012) haben 34 Gemüse und Früchte eines Schweizer Grossverteilers bilanziert und miteinander verglichen, dabei weisen Spargeln (*Asparagus*) die schlechteste Klimabilanz auf (Abbildung 26, Anhang H). Die hohen Klimagasemissionen der Spargeln sind auf den Flugtransport von Lateinamerika in die Schweiz zurück zu führen. Auch Jungbluth (2007) kommt zum Schluss, dass per Flugzeug importiertes Gemüse zu vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen führt. Des weiteren sind beheizte Gewächshäuser und tiefgekühlte Produkte ausschlaggebend für die Klimabilanz von Gemüse (Jungbluth, 2007).

In einer Studie von Jungbluth und Itten (2012) wurden verschiedene Produktions-, Vertriebs- und Konsumsysteme bilanziert. Die geringste Umweltbelastung (UBP pro kg Gemüseinkauf) hatte biologisches, regionales und frisches Gemüse (Abbildung 27, Anhang H). Jungbluth weist jedoch darauf hin, dass das Dateninventar für die Bilanzierung der Biogemüseproduktion noch nicht befriedigend sei (Jungbluth, 2000). Dies trifft auch heute noch zu. So ermöglicht die Software ProfiCost vom VSGP (Verein Schweizer Gemüseproduzenten) die Berechnung der Deckungsbeiträge verschiedener Gemüsekulturen, aktuell sind jedoch nur für rund einen Drittel der Kulturen Inventare für die biologische Produktion vorhanden.

Für Freiland-Gemüsekulturen sind wenige Ökobilanzstudien vorhanden, die meisten Untersuchungen befassen sich mit der Bilanzierung und Optimierung von Gewächshauskulturen, im speziellen von Tomaten (Martínez-Blanco, Muñoz et al., 2011, Hendricks, 2012). Cellura et al. (2012) untersuchten Zucchini, Peperoni, Melonen und Tomaten aus konventionellem Anbau in Gewächshäusern in Süditalien. Der grösste Anteil des Energieverbrauchs ist auf die Gewächshäuser (Herstellung, Unterhalt, Entsorgung) zurückzuführen, für die Klimagasemissionen sind hauptsächlich Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz verantwortlich.

Pfab et al. (2009) untersuchten in einem einjährigen Versuch N₂O-Emissionen aus dem Anbau von Kopfsalat und Blumenkohl. Den grössten Anteil hatten die Emissionen aus den Ernteresten des Blumenkohls und der Dünger beider Kulturen.

1.3.3 CSA und Nachhaltigkeit

Wissenschaftliche Studien zu CSA-Betrieben haben den Fokus meist auf soziologische Gesichtspunkte wie Organisationsstruktur, Demographie, etc. Bis jetzt sind kaum wissenschaftliche Studien vorhanden, welche die Umweltwirkung von CSA-Betrieben untersuchen.

In seiner Masterarbeit vergleicht Kulak (2010) 13 Gemüse und Früchte aus CSA-Betrieben (community farms) und aus herkömmlichem Anbau (conventional food supply system). Nebst der Produktion wurden für die Berechnungen die Lagerung, die Distribution sowie der Verkauf berücksichtigt. Kopfsalat aus der „community farm“ emittiert nur 10% und Tomaten nur 34% Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) im Vergleich zum „conventional food supply system“. Bei allen Produkten der „community farms“ ist die Produktion für rund 90% der Emissionen verantwortlich (Kulak, Graves et al., 2013). Beim „conventional food supply system“ verursachen die Produktion und der Transport zum Verteilzentrum mit einer Ausnahme (Peperoni) den grössten Anteil der Emissionen. Die Emissionen der Gewächshäuser (Materialien, Herstellung und Unterhalt) machen bei den Kulturen aus gedecktem Anbau (Polytunnel) den Hauptteil des Treibhauspotenzials aus (Abbildung 28, Anhang H). Kulak kommt zum Schluss, dass das CSA-Modell signifikant dazu beitragen kann, die Treibhausgasemissionen von Nahrungsmitteln zu reduzieren. Als wichtige Ursache für die tiefere Klimawirkung sieht er sozioökonomische Unterschiede wie z.B. die Entscheidungsfindung, welche dazu führt, dass ökologische Aspekte oftmals höher gewichtet werden als ökonomische. Zudem betont er, dass die freiwillige Mitarbeit der CSA-Mitglieder neue zusätzliche Möglichkeiten eröffnet, wie z.B. den Anbau von Mischkulturen (Kulak, 2010).

In der Masterarbeit von Kraiss (2012) ist eine tabellarische Zusammenstellung der Nachhaltigkeitsaspekte von CSA-Betrieben vorhanden. Beim Aspekt Ökologie werden unter anderem folgende Punkte positiv bewertet: erhöhte Biodiversität, verringerter Einsatz von Verpackungsmaterial, Sensibilisierung der Verbraucher, weniger CO₂-Emissionen, Klimaschutz, kürzere Transportwege. Mögliche negative Aspekte sind verringerte Effizienz, geringere Erträge, hohe Verbrauchertransporte. Die Auflistung ist stark verallgemeinert und es fehlen wissenschaftliche Grundlagen, zudem wurden wichtige Aspekte wie z.B. die Reduktion von Food Waste weggelassen.

An der University of California, Davis, läuft zurzeit ein Forschungsprojekt, welches eine vergleichende Klimabilanz von CSA-Betrieben im Sacramento Valley durchführt (Greenhouse Gas Emissions of Community Supported Agriculture (CSA): A Comparative Life-Cycle Assessment in California's Sacramento Valley. Ryan E. Galt, Elizabeth O'Sullivan und Alissa Kendall). Bis zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit sind leider noch keine Resultate vorhanden.

1.4 Ziele und Fragestellungen

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, wissenschaftliche Daten zur Energie- und Klimabilanz von CSA-Betrieben zu generieren. Es werden keine Szenarien gerechnet, sondern lediglich eine Ist-Analyse durchgeführt. Mit dem FiBL-„Betriebsmodell Energie und Klima“, welches die Berechnung des Energieverbrauchs und der Klimagasemissionen auf Produktebene ermöglicht, werden die Kulturen Kopfsalat, Buschbohnen, Zucchini und Tomaten aus drei biologischen Anbauverfahren (Gemüsekooperative ortoloco, Brüederhof Gerd Kessens, Standardverfahren) bilanziert und miteinander verglichen. Dabei wird die Produktion inkl. der vorgelagerten Prozesse (Bereitstellung der Inputs, Infrastruktur) berücksichtigt, die nachgelagerten Prozesse wie Lagerung, Distribution, Konsum und Abfallmanagement werden nicht mit einbezogen.

Das FiBL-Betriebsmodell befindet sich noch in der Entwicklungsphase, zu Beginn dieser Arbeit existierten Modelle für Pflanzenbau und Tierproduktion. Ein Teil dieser Bachelorarbeit ist die Entwicklung eines Feingemüsemodells, welches ins Betriebsmodell integriert wird und anschliessend vom FiBL weiter verwendet werden kann.

Die Resultate des FiBL-Betriebsmodells zeigen auf, welches Anbauverfahren den höchsten Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie hat und am meisten Treibhausgasemissionen verursacht und welche Prozesse ausschlaggebend sind. Somit kann beurteilt werden, ob die Organisationsform und die unterschiedlichen Absatzkanäle der Betriebe einen Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz der Anbauverfahren hat. Zudem können die Ergebnisse eine Entscheidungshilfe für die ökologische Optimierung der Betriebe und des Schweizer Gemüsebaus im Allgemeinen darstellen (s. auch Aufgabenstellung im Anhang A).

1.5 Motivation der Autorin

Die Motivation, die hinter dieser Arbeit steckt, ist auch eine persönliche. Vor drei Jahren habe ich zusammen mit Freunden die Gemüsekooperative ortoloco in Dietikon aufgebaut und bin seitdem Mitglied in der Betriebsgruppe. Ich vermute, dass das CSA-Modell nachhaltiger ist als die herkömmliche Landwirtschaftspraxis und möchte dies wissenschaftlich untersuchen. Ursprünglich wollte ich eine umfassende Nachhaltigkeitsbeurteilung von ortoloco durchführen, welche nebst den ökologischen auch soziale und ökonomische Aspekte berücksichtigt und eine ganzheitliche Betrachtung ermöglicht. Dies würde jedoch den Rahmen dieser Bachelorarbeit bei weitem sprengen.

2. Material und Methoden

2.1 FiBL-„Betriebsmodell Energie und Klima“

Die in dieser Arbeit untersuchten Gemüsekulturen wurden mit dem FiBL-„Betriebsmodell Energie und Klima“ bilanziert, da die Arbeit in Zusammenarbeit mit dem FiBL (externe Betreuung) geschrieben wurde und dieses Tool somit zur freien Verfügung stand.

2.1.1 Modellbeschreibung

Das FiBL-Betriebsmodell bilanziert den Energieverbrauch und die Klimagasemissionen eines landwirtschaftlichen Betriebes und/oder Produktes entlang des Lebenszyklus. Es handelt sich nicht um eine vollständige Ökobilanz, da weitere Wirkungskategorien wie Eutrophierung, Human- und Ökotoxizität nicht berücksichtigt werden. In der Modellierung wird nur die landwirtschaftliche Produktion berücksichtigt (inkl. der vorgelagerten Produktion der Inputs und der Infrastruktur).

Das Modell basiert auf Excel. Die Daten, welche für die Bilanzierung des Energieverbrauchs und der Klimagasemissionen der einzelnen Prozesse benötigt werden, stammen hauptsächlich aus der ecoinvent-Datenbank, weitere Standardwerte und Berechnungsmodelle aus IPCC-Berichten und aus eigenen Untersuchungen zum biologischen Landbau. Für die Berechnung des Energieverbrauchs wird die Wirkungsabschätzungsmethode „Cumulative Energy Demand, Version 1.08“ und für die Treibhausgasemissionen die Methode „IPCC 2007 GWP 100a, 1.02“ verwendet. Bei beiden handelt es sich um Midpoint-Methoden. Im Bezug auf die Datenerfordernisse ist das Betriebsmodell sehr flexibel. Wenn immer möglich werden betriebsspezifische Daten berücksichtigt. Wo nicht vorhanden, werden Standarddaten verwendet. Die Resultate können nach den funktionellen Einheiten Fläche/Jahr und Produktmenge ausgedrückt werden. Das Betriebsmodell eignet sich für wissenschaftliche Analysen und Betriebsberatungen, zur Analyse und Optimierung (Schader, Meier et al., 2012).

Die Hauptbestandteile des Betriebsmodells, die Pflanzenbau- und Tierproduktionsmodelle, sind untereinander über innerbetriebliche Stoff- und Energieflüsse verknüpft. Sie sind unterteilt in verschiedene Arbeitsschritte wie Bodenbearbeitung, Düngung etc., welche wiederum eine grosse Anzahl Prozesse enthalten (verwendete Maschine für Bodenbearbeitung, Düngermenge, etc.).

2.1.2 Lachgasmodell

Das Lachgasmodell, welches im FiBL-Betriebsmodell für die Berechnungen der N₂O-Emissionen verwendet wird, berücksichtigt die spezielle Wirkungsweise von organischen Düngern und die Emissionen aus Ernterückständen, insbesondere die langfristige Stickstoff-Immobilisierung in der organischen Substanz des Bodens und die Mineralisierung von Stickstoff aus dem Bodenvorrat (Meier, Schader et al., 2012). In der hier verwendeten Version des FiBL-Betriebsmodells wurde das N₂O-Modell von Meier et al. (2012) basierend auf Brock et al. (2012) überarbeitet, was eine differenziertere Modellierung der standortspezifischen Stickstoff- und Kohlenstoffflüsse ermöglicht.

Das IPCC-Modell für die Berechnung von N₂O-Emissionen aus Böden (IPCC, 2006) findet breite Anwendung in Ökobilanzstudien. Das IPCC-Modell macht jedoch keine Unterscheidung zwischen mineralischen und organischen Düngern. Delgado et al. (2010) weisen in ihrer Studie daraufhin, dass N₂O-Emissionen aus Ernterückständen tiefer sind als jene aus mineralischen Rückständen und somit das IPCC-Modell die Emissionen aus Ernterückständen zu hoch einschätzt. Beim N₂O-Modell von Meier et al. (2012) wurde dies berücksichtigt.

Organische Dünger unterscheiden sich in ihrer Wirkungsweise stark von mineralischen Düngern. Während bei mineralischen Düngern der Stickstoff in Form von NH₄⁺ und NO₃⁻ direkt für die Pflanze verfügbar ist, ist bei organischen Düngern nur ein Teil direkt verfügbar (bis zu 85% bei Hühnermist, bis zu 0% bei Kompost). Der Rest des Stickstoffs ist organisch gebunden und wird mittel- bis längerfristig mikrobiell abgebaut und freigesetzt (Meier, Schader et al., 2012).

Die Genauigkeit des N₂O-Modells wurde anhand von Messdaten aus einer dreijährigen Studie getestet. Vergleiche mit dem IPCC-Modell ergaben bei konventionell gepflügten Flächen durchschnittlich 9% weniger Emissionen. Für Flächen mit reduzierter Bodenbearbeitung ergab das N₂O-Modell von Meier et al. (2012) 23% weniger Emissionen (Meier, Schader et al., 2012).

Das Modell von Meier et al. (2012) benötigt Düngerwerte und Daten zum Erntegut und zu den Ernterückständen (Tabelle 6 und Tabelle 7, Anhang F). Mangels Daten wurden für die Ernterückstände Literaturwerte verwendet, welche ertragspezifisch angepasst wurden.

Wird auf einer Fläche mehr Stickstoff gedüngt, als während der Kulturdauer aufgenommen wird, resultiert ein N-Überschuss, welcher als Emissionen verloren geht (NO₃, N₂O, NH₃) oder zu einem bestimmten Anteil im Boden in CN-Verbindungen immobilisiert wird. Ca. 30% davon ist langfristig gebunden (Favoino und Hogg, 2008), 70% der Verbindungen sind instabil und werden den N₂O-Emissionen der Kultur angerechnet.

Für die Stickstoffdeposition aus der Luft wurden für alle Betriebe 30 kg N / Jahr angenommen (BAFU, 2011).

2.1.3 Feingemüsemodell

Das Feingemüsemodell wurde in dieser Bachelorarbeit neu entwickelt und ins bestehende FiBL-Betriebsmodell integriert. Es wurden Daten für folgende vier Kulturen aus dem biologischen Anbau erfasst: Kopfsalat (Freiland), Buschbohnen (Freiland), Zucchetti (Freiland), Tomaten (Gewächshausproduktion). Die Tomate ist das meistkonsumierte Gemüse in der Schweiz, Kopfsalat und Zucchetti sind bedeutende Freilandkulturen und Buschbohnen eine Leguminose (SZG, 2013). Die verschiedenen Arbeitsschritte (Prozesse) wurden in verschiedene Kategorien eingeteilt, in Abbildung 1 sind diese inkl. der vorgelagerten Prozesse aufgeführt.

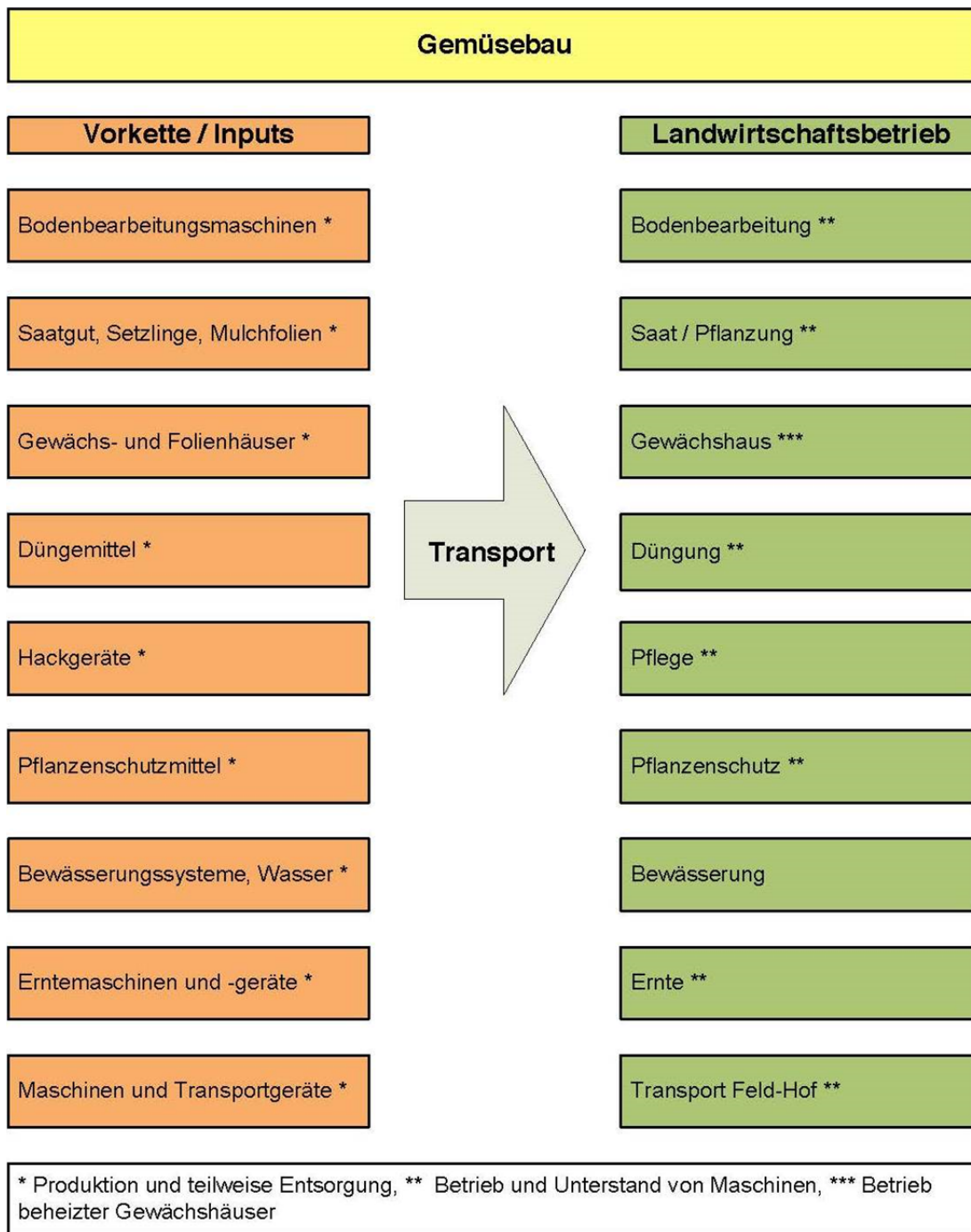


Abbildung 1: Kategorien des Feingemüsemodells (grün) inkl. Inputs (orange)

2.1.4 Berechnungen Energie- und Klimabilanz

Für die Berechnungen der Energie- und Klimabilanz wurden bestehende Prozesse aus dem „Pflanzenproduktionsmodell“ des FiBL-Betriebsmodells verwendet, z.B. Bodenbearbeitungsmaschinen, Düngemittel und Bewässerungsanlagen. Diese Prozesse wurden nicht neu berechnet und werden in dieser Arbeit nicht dokumentiert. Weitere Prozesse, wie z.B. Transportfahrzeuge und Pflanzenschutzmittel, konnten ohne Anpassung aus der Ecoinvent-Datenbank V2 übernommen werden. Einige Prozesse, v.a. gemüsespezifische Bodenbearbeitungsmaschinen, Setzlingsproduktion, Gewächshäuser und organische Dünger, wurden angepasst oder neu erstellt, diese sind in der Tabelle 3 im Anhang D aufgeführt und dokumentiert.

Die Tabelle 4 in Anhang E zeigt den Energieverbrauch (MJ) und die Klimagasemissionen (kg CO₂ eq) der im Betriebsmodell aufgeführten Prozesse. Die Berechnungen dieser Werte wurden in Simapro, Version 7.3 durchgeführt. Der Wert für den Energieverbrauch beinhaltet die fossilen und nuklearen Energieträger („non renewable, fossil“, „non-renewable, nuclear“). Ist auf den folgenden Seiten von „Energieverbrauch“ die Rede, ist damit der „Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie“ gemeint.

Die Kohlenstoff-Sequestrierung wurde für die Klimabilanz weggelassen. Zum einen bestehen bezüglich der im Boden langfristig gespeicherten Menge an Kohlenstoff grosse Unsicherheiten. Zum anderen lässt sich die Kohlenstoff-Sequestrierung nicht direkt auf die Produktmenge beziehen, da diese vor allem durch Faktoren wie Bodenbearbeitung und Kohlenstoffinput bestimmt wird.

2.2 Untersuchte Anbauverfahren

In dieser Arbeit wurden drei Anbauverfahren miteinander verglichen, das Anbauverfahren von ortoloco, jenes vom Brüederhof und ein Standardverfahren.

Die Gemüsekooperative ortoloco in Dietikon und der Brüederhof Feingemüsebetrieb von Gerd Kessens in Dällikon sind real existierende Betriebe in der Region Zürich Unterland. Sie sind ähnlich gross, bauen eine Vielzahl von Kulturen an, sind wenig mechanisiert, jedoch unterschiedlich organisiert (weitere Infos zu den Betrieben im Anhang B).

Das Standardverfahren soll Schweizer Biogemüsebetriebe repräsentieren, welche für Grossverteiler wie Migros und Coop produzieren. In der Anbauweise unterscheidet sich das Standardverfahren stark von ortoloco und Brüederhof, da grössere Flächen mit stärkerer Mechanisierung und intensiverer Düngung bewirtschaftet werden.

Das Standardverfahren wurde aus verschiedenen Gründen in die Untersuchung integriert: Da ortoloco und Brüederhof keine repräsentativen Betriebe darstellen, ist es interessant, diese mit dem „herkömmlichen“ Schweizer Biogemüseanbau zu vergleichen. Das Standardverfahren war zudem notwendig, um die Korrektheit der Daten von ortoloco und Brüederhof zu kontrollieren. Nicht zuletzt passt das Prinzip des Standardverfahrens in den Aufbau des FiBL-Betriebsmodells.

2.2.1 Funktionelle Einheit

Als funktionelle Einheit wurde die Produktmenge gewählt (Kilogramm geerntetes Gemüse). Die Berechnungen im Betriebsmodell erfolgten im ersten Schritt pro Hektare, anschliessend wurden diese für die Resultateauswertung mit den jeweiligen Ernte-Erträgen der Kulturen verrechnet.

2.2.2 Datenerhebung

Die Erhebung der Daten erfolgte Anfang Mai 2013 mit Hilfe eines Fragebogens auf den Betrieben ortoloco und Brüederhof, die Daten stammen aus dem Jahr 2012. Insbesondere bei den Erträgen, Düngermengen und Wassergaben waren keine exakten Daten vorhanden. Deshalb wurden Literaturdaten beigezogen oder Annahmen getroffen. Die Auswahl der Daten für das Standardverfahren erfolgte mit Hilfe von Martin Koller, Gemüsebauexperte vom FiBL. Sie repräsentieren einen langjährigen Durchschnitt und nicht ein isoliertes Jahr.

Für die drei verschiedenen Anbauverfahren wurden anhand der ausgefüllten Fragebögen (s. Anhang C) Werte ins Betriebsmodell übertragen.

Normalerweise werden Gründüngungen (unproduktive Vorkulturen) in Ökobilanzen berücksichtigt, da sie ebenfalls Ressourcen benötigen und Emissionen verursachen. Da bei dieser Bilanzierung keine ganzen Betriebe und/oder Fruchtfolgen, sondern lediglich vier gesonderte Kulturen bilanziert werden, wurden die Gründüngungen weggelassen. Es wurde davon ausgegangen, dass diese keinen Einfluss auf die Ergebnisse dieser Arbeit haben, insbesondere da in der Schweizer Biogemüseproduktion meist das vorgegebene Minimum an Gründüngungsflächen angebaut wird und sich diese somit von Betrieb zu Betrieb kaum unterscheiden.

2.2.3 Sensitivitätsanalysen

Die Sensitivitätsanalysen stellen einen wichtigen Schritt in der Ökobilanzierung dar und dienen insbesondere der Überprüfung von unsicheren Daten und deren Einfluss auf das Gesamtergebnis. In dieser Arbeit wurden drei Sensitivitätsanalysen durchgeführt: Bei den Erträgen, da die Angaben von ortoloco und Brüederhof auf Schätzungen beruhen, für die Emissionen aus dem Kompostierungsprozess, da verschiedene Literaturdaten vorhanden sind und zum Einfluss der Anreise der ortoloco-GenossenschafterInnen zur Mitarbeit, da im Vergleich zu anderen Betriebsformen überdurchschnittlich viele Menschen an der Produktion beteiligt sind.

3. Resultate

Die folgenden Resultate und Erläuterungen beziehen sich auf die Energie- und Klimabilanz pro Produktmenge (MJ/kg bzw. kg CO₂ eq / kg). Die Resultate sind als Zahlenwerte in Anhang G tabellarisch aufgeführt.

3.1 Energiebilanz

3.1.1 Vergleich der Anbauverfahren

Das Anbauverfahren von ortoloco verbraucht pro Kilogramm Produkt für alle vier Kulturen am wenigsten nicht-erneuerbare Energie (Abbildung 2). Bei den Kulturen Buschbohnen und Tomaten ist der Energieverbrauch im Standardverfahren am höchsten, bei Kopfsalat und Zucchetti im Anbauverfahren des Brüederhofs.

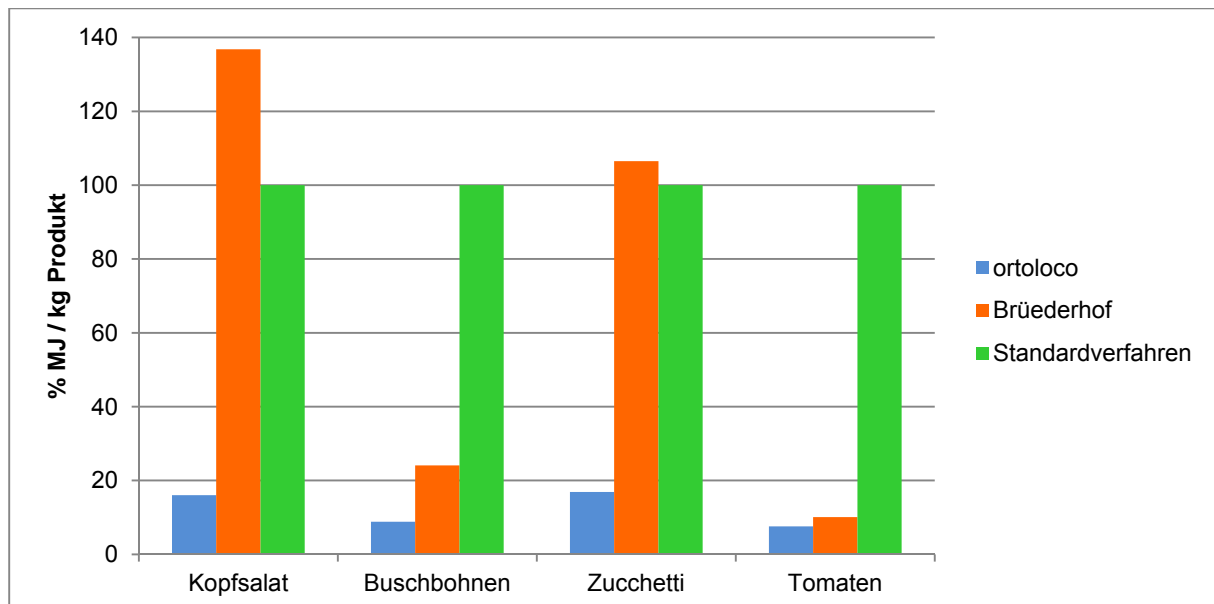


Abbildung 2: Relativer Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (% MJ/kg) zum Standardverfahren (=100%)

Der Anbau von **Kopfsalat** verbraucht bei ortoloco im Vergleich zum Standardverfahren rund 6 Mal weniger Energie, der Brüederhof hat eine um 37% höhere Energiebilanz als das Standardverfahren. Bei allen Verfahren hat die Kategorie „Saat/Pflanzung“ den höchsten Energieverbrauch (Abbildung 3). Da der Kopfsalat bei ortoloco weder gedüngt noch bewässert wird, keine Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden und die Pflege und Ernte von Hand durchgeführt wird, sind nur die Kategorien „Bodenbearbeitung“ und „Saat/Pflanzung“ relevant. Der Energieverbrauch für die Bodenbearbeitung ist bei allen Verfahren ähnlich und macht rund 5% des gesamten Energiebedarfs der Anbauverfahren aus (Durchschnitt aller Verfahren).

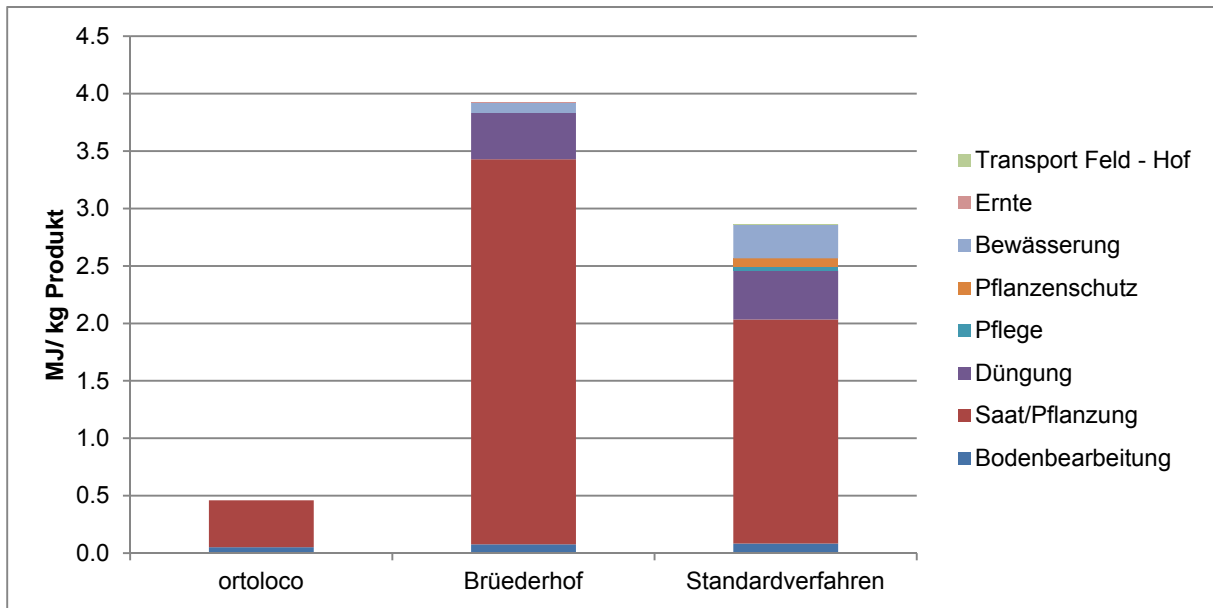


Abbildung 3: Kopfsalat, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg)

Buschbohnen, welche im Standardverfahren angebaut werden, benötigen 4 Mal mehr Energie als das Anbauverfahren des Brüederhofs, da zusätzliche Energie für die Düngung, die maschinelle Ernte und für Pflanzenschutzmittel benötigt wird (Abbildung 4). ortoloco hat die geringsten Werte (9% des Standardverfahrens), da im Vergleich zum Brüederhof die Bodenbearbeitung und Pflege (Hacken) ohne Maschinen durchgeführt werden und somit nicht in die Bilanz einfließen, zudem wird die Kultur nicht bewässert. Bei ortoloco und Brüederhof werden die Buschbohnen nicht gedüngt und keine Pflanzenschutzmittel angewendet.

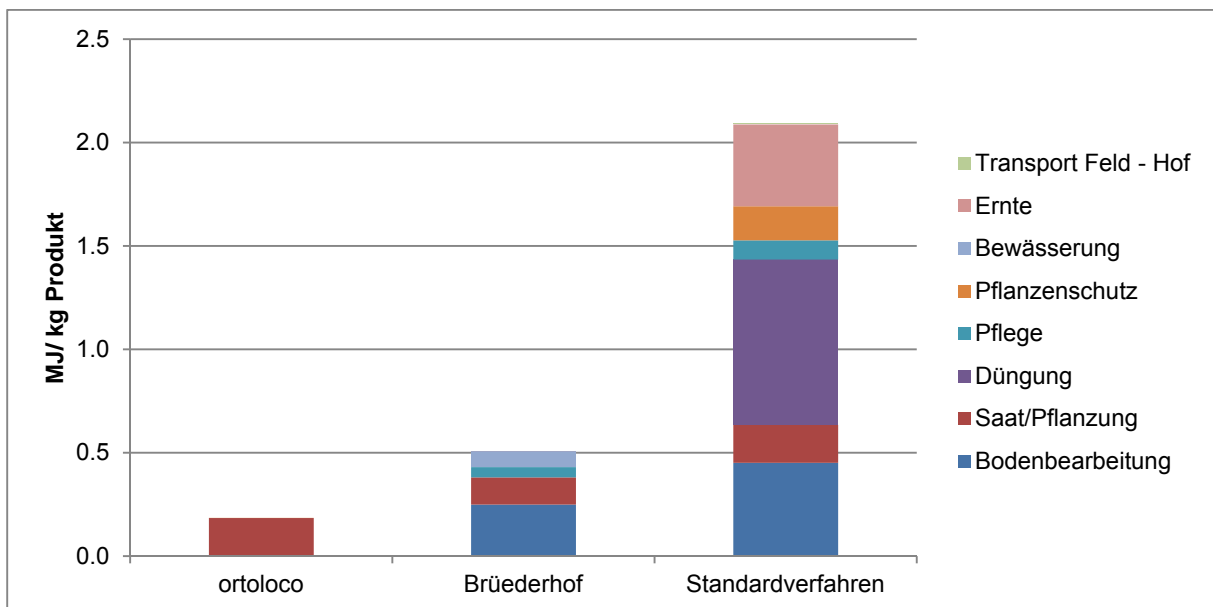


Abbildung 4: Buschbohnen, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg)

Bei den **Zucchetti** macht der Energieverbrauch von ortoloco im Vergleich zum Standardverfahren 17% aus, der Brüederhof hat einen 7% höheren Energieverbrauch als das Standardverfahren. Die Kategorie „Düngung“ macht bei ortoloco den grössten Teil aus, beim Brüederhof und beim Standardverfahren die Kategorie „Saat/Pflanzung“ (Abbildung 5). Beim Standardverfahren wird mehr Energie für Pflanzenschutzmittel und Bewässerung verwendet, beim Brüederhof hingegen für die Kategorie „Saat/Pflanzung“.

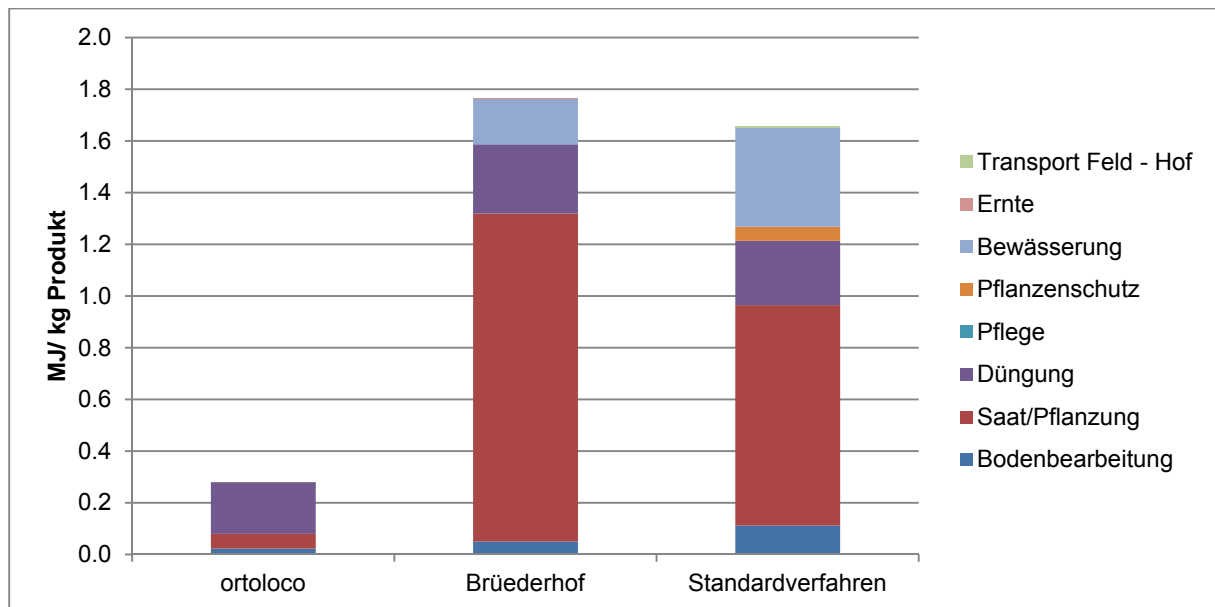


Abbildung 5: Zucchetti, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg)

Der Anbau der **Tomaten** verbraucht beim Standardverfahren 13 Mal mehr Energie als bei ortoloco und 10 Mal mehr als beim Brüederhof. Die Kategorie „Gewächshaus“ macht bei ortoloco 49%, beim Brüederhof 31% und beim Standardverfahren 96% des Energieverbrauchs aus (Abbildung 6).

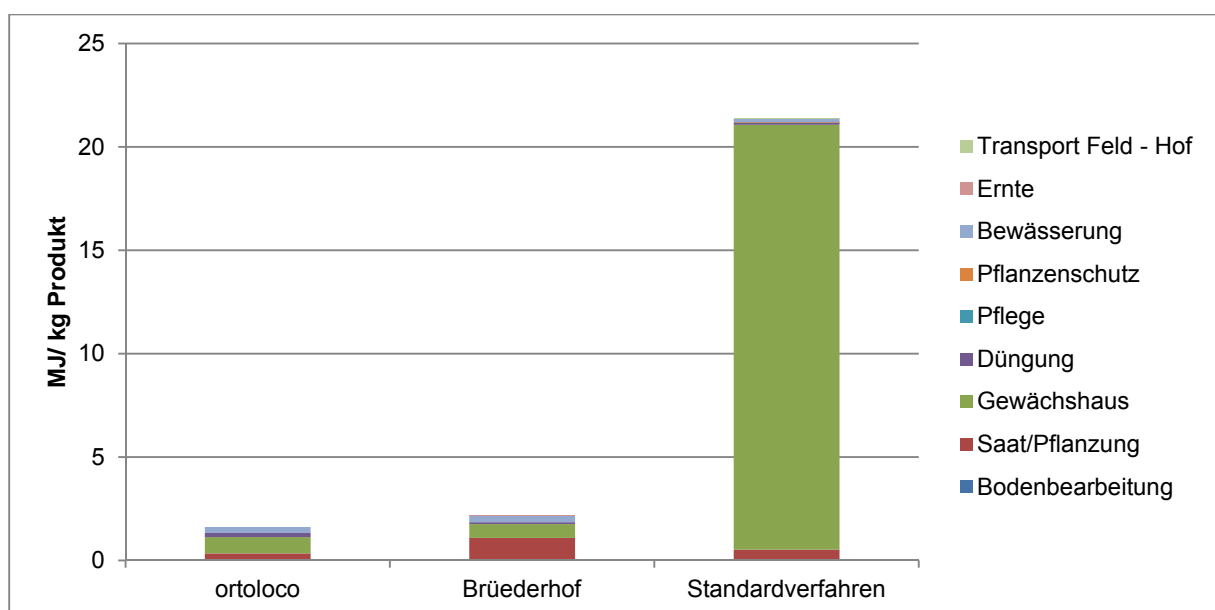


Abbildung 6: Tomaten, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg)

3.1.2 Kategorie „Saat/Pflanzung“

Da die Kategorie „Saat/Pflanzung“ bei den Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomaten durchschnittlich 51% des Energieverbrauchs verursacht (Durchschnitt aller Verfahren, vgl. Abbildungen 3 bis 6), wird diese genauer betrachtet. Die Kategorie beinhaltet die Herstellung und den Transport von Saatgut und Setzlingen, die Benutzung von Sä- und Pflanzmaschinen sowie die Verwendung von Mulchfolien. Die Setzlingsproduktion macht für die Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomaten im Durchschnitt aller Verfahren 78% des Energieverbrauchs der Kategorie „Saat/Pflanzung“ aus. Beim Kopfsalat ist der Anteil mit 87% am höchsten, bei Zucchini mit 66% am tiefsten. Beim Brüederhof macht die Setzlingsproduktion im Durchschnitt aller Kulturen lediglich 66% des Energieverbrauchs für „Saat/Pflanzung“ aus, da bei Kopfsalat und Zucchini Polyethylen-Mulchfolien verwendet werden, welche ebenfalls in der Kategorie „Saat/Pflanzung“ enthalten sind (Abbildung 7). Da die Buschbohnen gesät werden und somit keine Setzlingsproduktion vorhanden ist, werden sie hier nicht analysiert.

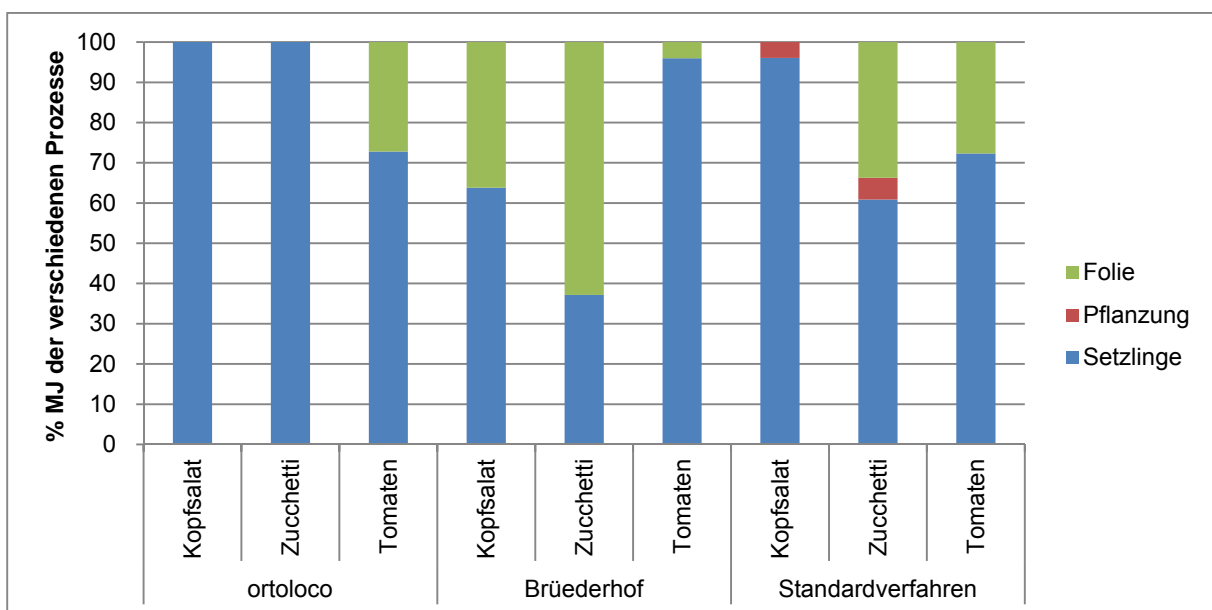


Abbildung 7: Prozesse der Kategorie „Saat / Pflanzung“ und ihre Anteile in % MJ am Energieverbrauch

Das Substrat macht bei allen in den Anbauverfahren verwendeten Setzlingen (Erdpresstöpfe, Quickpots und Plastiktöpfe) den grössten Anteil und durchschnittlich 72% des Energieverbrauchs der Setzlingsproduktion aus (Abbildung 8). Bei den Setzlingen 1, 2, 3 und 6 (Zukauf) verursacht der Transport den zweitgrössten Energieverbrauch. Bei den Setzlingen 4 und 5 (eigenen Anzucht) ist das Plastikmaterial für die Quickpots und Plastiktöpfe die zweitwichtigste Kategorie.

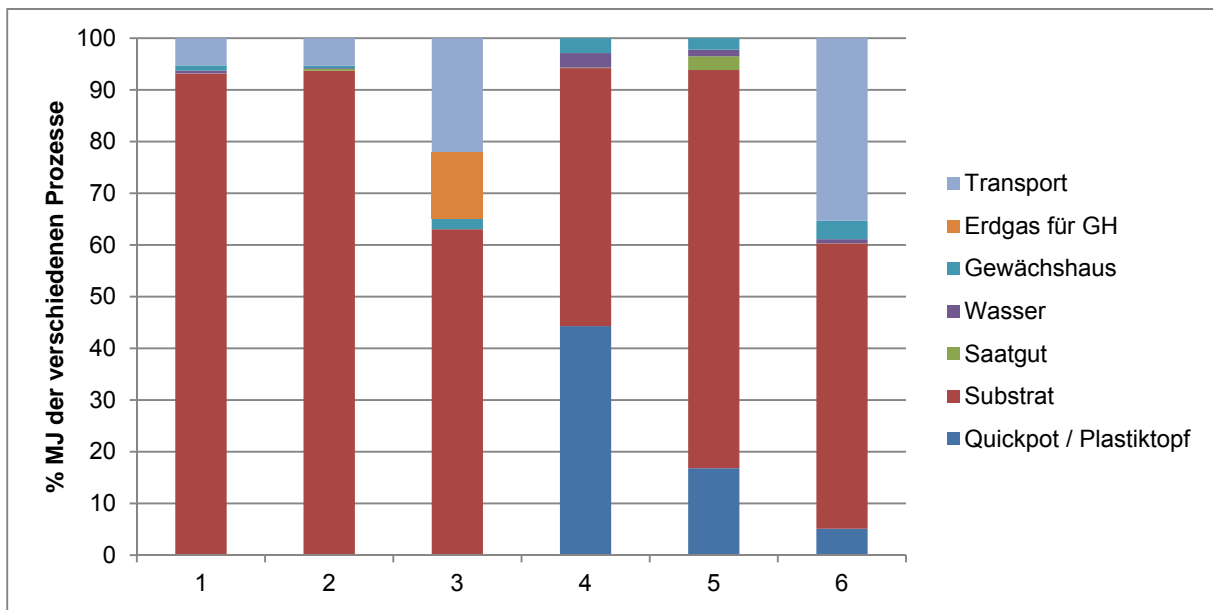


Abbildung 8: Prozesse der Setzlingsproduktion und ihre Anteile in % am Energieverbrauch.
 1 = Kopfsalat, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf
 2 = Zucchetti, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf
 3 = Tomaten, Brüederhof und Standardverfahren : Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf
 4 = Kopfsalat, ortoloco: Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht
 5 = Zucchetti, ortoloco: Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht
 6 = Tomaten, ortoloco: Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf

Die Herstellung von torfhaltigem Substrat benötigt rund 8 Mal so viel Energie wie jene von torffreiem Substrat (Abbildung 9). Beim Substrat mit Torf verursacht der Torfeinsatz 73% der Energie. Da Torf selber ein fossiler Energieträger ist, beinhaltet der Verbrauch nicht-erneuerbarer Energie beim Torfeinsatz den Energiegehalt des Torfs und den Energieaufwand für die Torfgewinnung. Beim Substrat ohne Torf ist der Transport der Kokosnusssfasern (Herkunft Philippinen) für 77% des Energieverbrauchs verantwortlich.

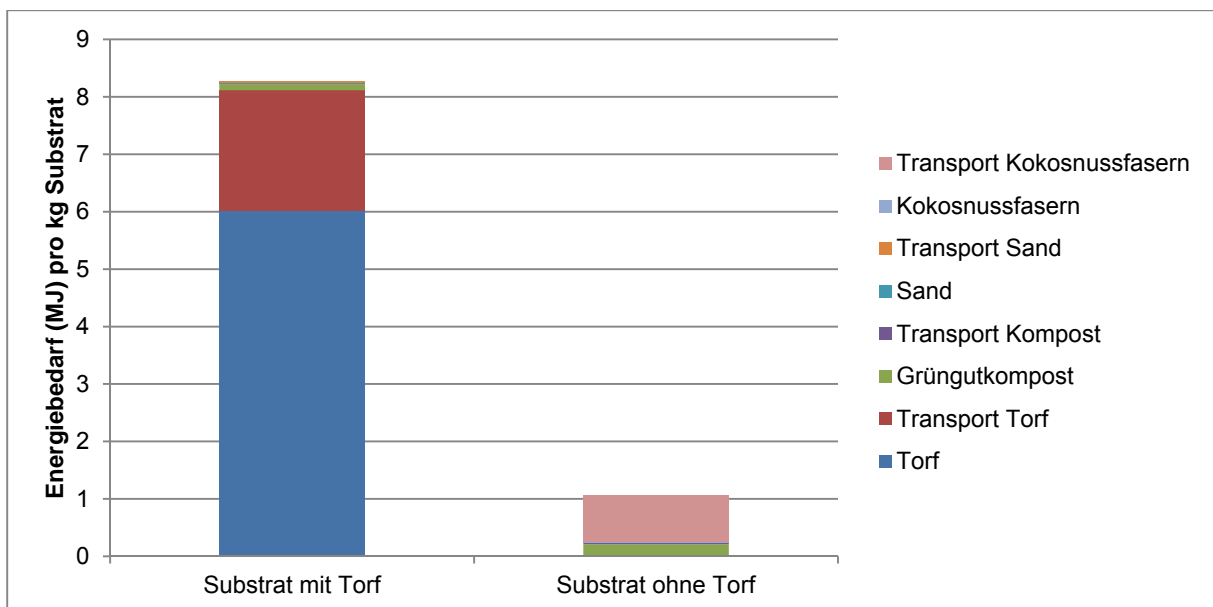


Abbildung 9: Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie in MJ pro kg Substrat

3.2 Klimabilanz

3.2.1 Vergleich der Anbauverfahren

Das Anbauverfahren von ortoloco verursacht für alle vier Kulturen pro Produktmenge am wenigsten Treibhausgasemissionen (Abbildung 10). Bei den Kulturen Buschbohnen, Zucchetti und Tomaten hat das Standardverfahren die höchste Klimawirkung, beim Kopfsalat das Anbauverfahren des Brüederhofs.

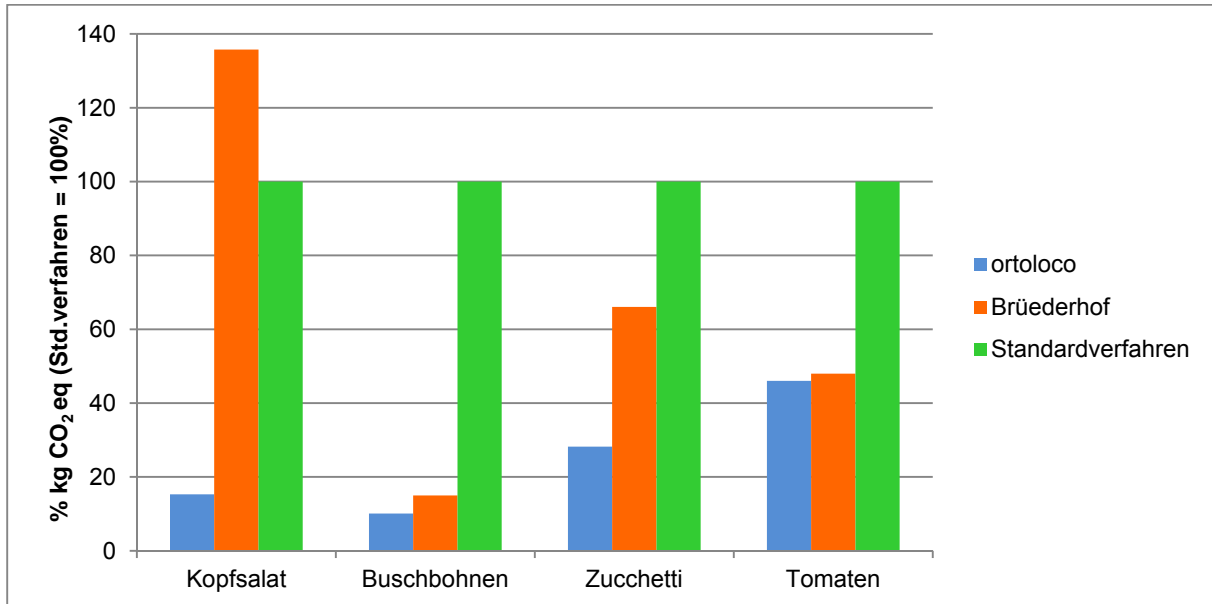


Abbildung 10: Relativer Vergleich der Klimabilanz pro Produktmenge (% kg CO₂-eq / ha) zum Standardverfahren (100%)

Beim **Kopfsalat** verursacht bei allen Verfahren die Kategorie „Saat/Pflanzung“ die meisten Treibhausgasemissionen (Abbildung 11). Im Anbauverfahren von ortoloco machen die Treibhausgasemissionen des Kopfsalats im Vergleich zum Standardverfahren nur 15% aus. Der Kopfsalat wird bei ortoloco nicht gedüngt, zudem verursacht die Kategorie „Saat/Pflanzung“ geringere Emissionen als bei den anderen Verfahren. Der Brüederhof produziert Kopfsalat mit 36% höheren Klimagasemissionen als das Standardverfahren, hauptsächlich da die Kategorie „Saat/Pflanzung“ eine höhere Klimawirkung hat.

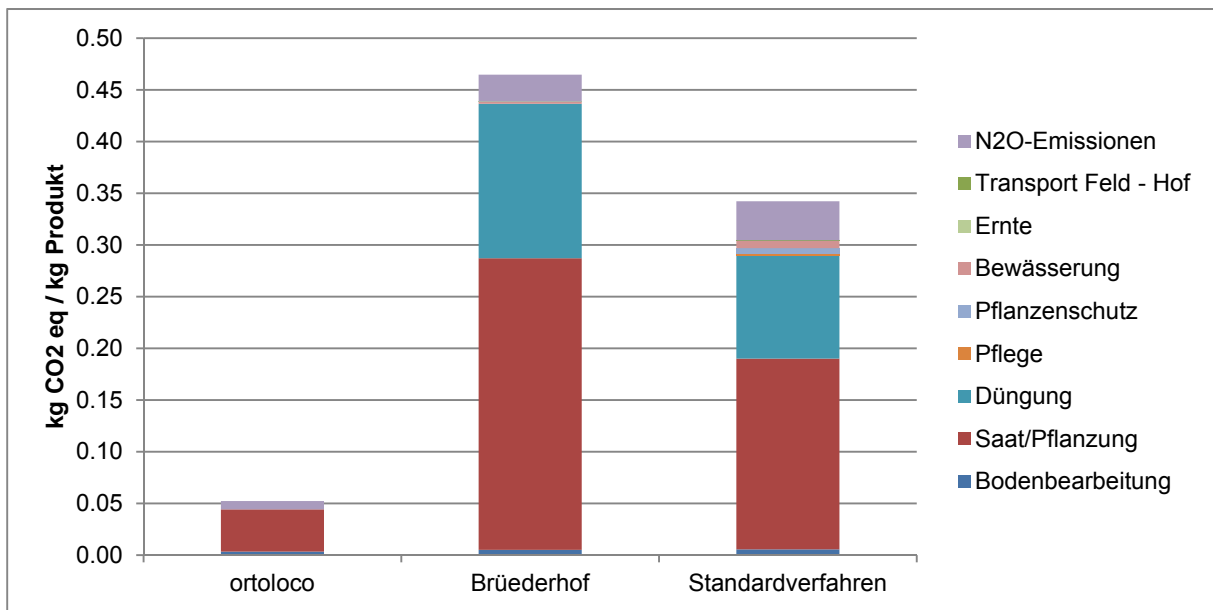


Abbildung 11: Kopfsalat, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO₂ eq / kg)

Buschbohnen des Standardverfahrens verursachen ca. 10 Mal mehr Treibhausgasemissionen als bei ortoloco, hauptsächlich weil zusätzliche Emissionen durch die Düngung entstehen (Abbildung 12). Da die Bodenbearbeitung und die Pflege beim Brüederhof maschinell erfolgt und somit in die Klimabilanz einfließt, ist diese 1.5 Mal höher als bei ortoloco.

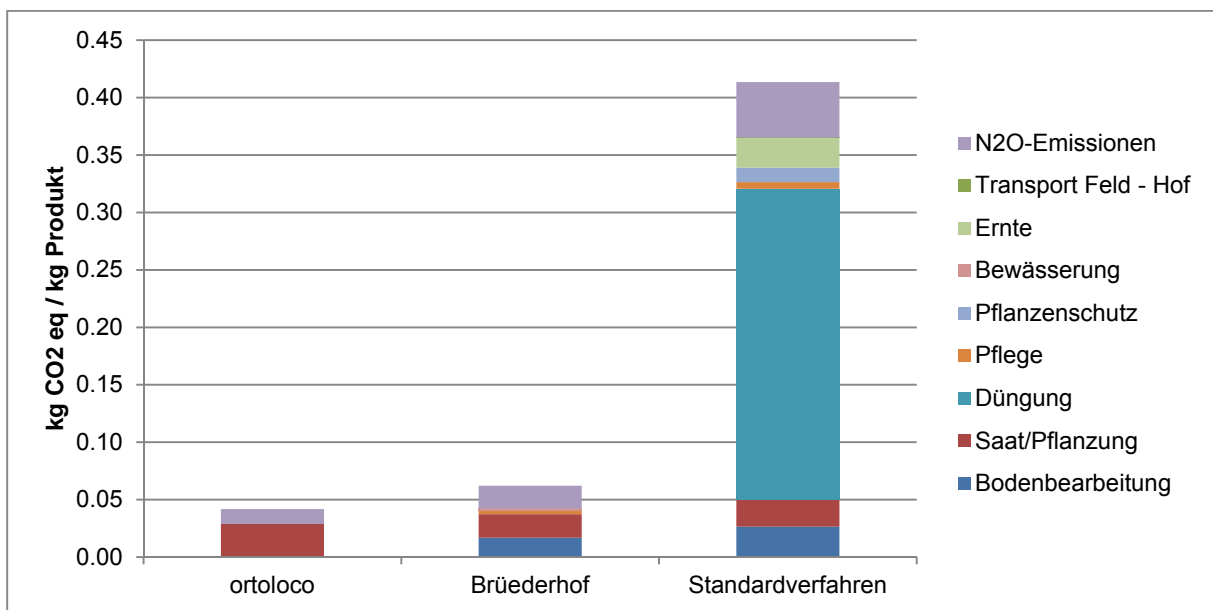


Abbildung 12: Buschbohnen, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO₂ eq / kg)

Bei den **Zucchetti** führt das Anbauverfahren von ortoloco zu 72% weniger Treibhausgasemissionen als beim Standardverfahren, der Brüederhof hat ca. doppelt so hohe Werte wie ortoloco (Abbildung 13). Bei allen drei Verfahren hat die Kategorie „Düngung“ die höchste Klimawirkung. Die Kategorie „Saat/Pflanzung“ ist beim Brüederhof höher als beim Standardverfahren, hingegen ist die Kategorie „Düngung“ und „Bewässerung“ beim Standardverfahren höher als beim Brüederhof.

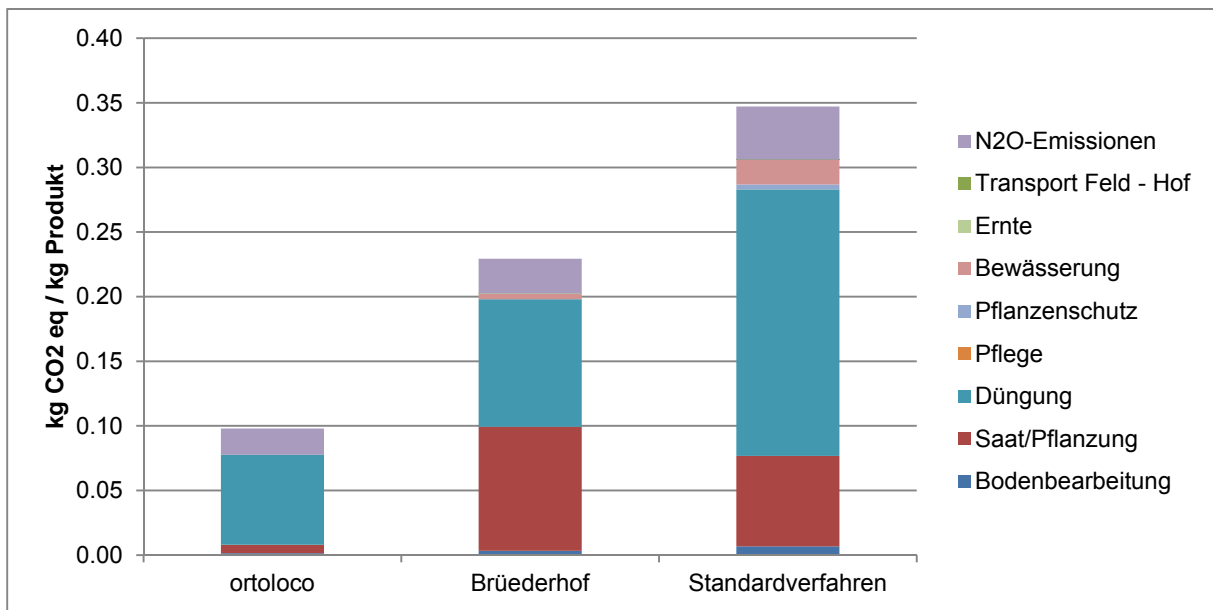


Abbildung 13: Zucchini, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO₂ eq / kg)

Die **Tomaten** des Standardverfahrens weisen eine ca. doppelt so hohe Klimabilanz auf als bei ortoloco und Brüederhof, hauptsächlich wegen des Gewächshauses (70% der Emissionen). Auch bei ortoloco (31%) und Brüederhof (24%) tragen die Gewächshäuser einen relevanten Anteil zur Klimawirkung der Tomaten bei. Bei ortoloco macht die Kategorie „Düngung“ den grössten Anteil aus (38%), beim Brüederhof die Kategorie „Saat/Pflanzung“ (43%) (Abbildung 14).

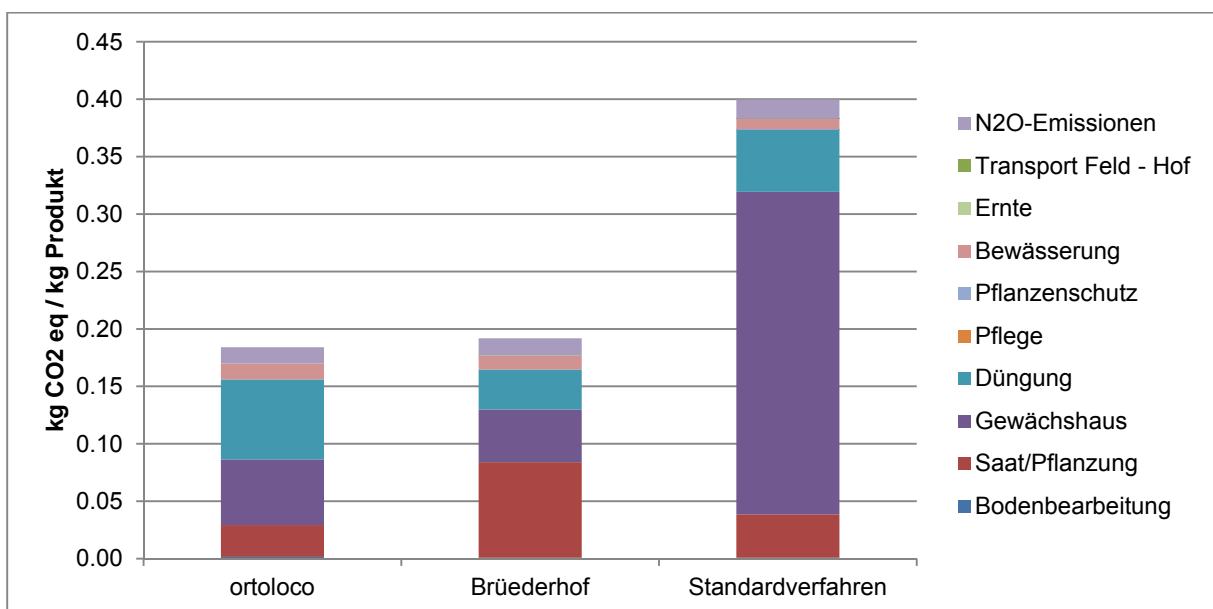


Abbildung 14: Tomaten, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO₂ eq / kg)

3.2.2 Kategorie „Saat/Pflanzung“

Die Kategorie „Saat/Pflanzung“ verursacht bei allen Verfahren bei den Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomatendurchschnittlich 37% der Klimawirkung (vgl. Abbildungen 11 bis 14). Die Setzlingsproduktion macht für diese Kulturen im Schnitt 83% der Klimawirkung der Kategorie „Saat/Pflanzung“ aus, beim Kopfsalat ist der Anteil mit 90% (Durchschnitt aller Verfahren) am höchsten, bei Zucchini mit 73% am tiefsten (Abbildung 15). Beim Brüederhof hat die Setzlingsproduktion mit 72% im Durchschnitt aller Kulturen die tiefsten Anteile, da bei den Kulturen Kopfsalat und Zucchini Polyethylen-Mulchfolien verwendet werden, welche ebenfalls in der Kategorie „Saat/Pflanzung“ enthalten sind.

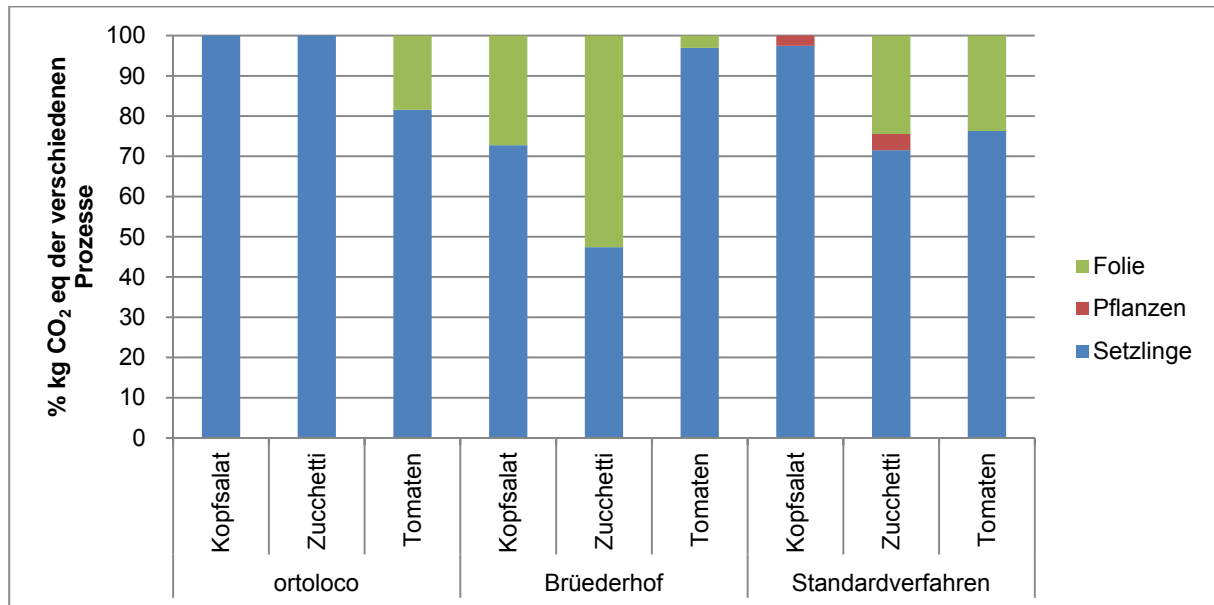


Abbildung 15: Prozesse der Kategorie „Saat/Pflanzung“ und ihre Anteile an der Klimawirkung (% kg CO₂ eq)

Die Setzlingsproduktion ist vor allem wegen des Bedarfs an Substrat klimawirksam (Abbildung 16). Das Substrat macht bei allen in den Anbauverfahren verwendeten Setzlingen (Erdpresstöpfe, Quickpots und Plastiktöpfe) den grössten Anteil und durchschnittlich 82% der Klimawirkung aus.

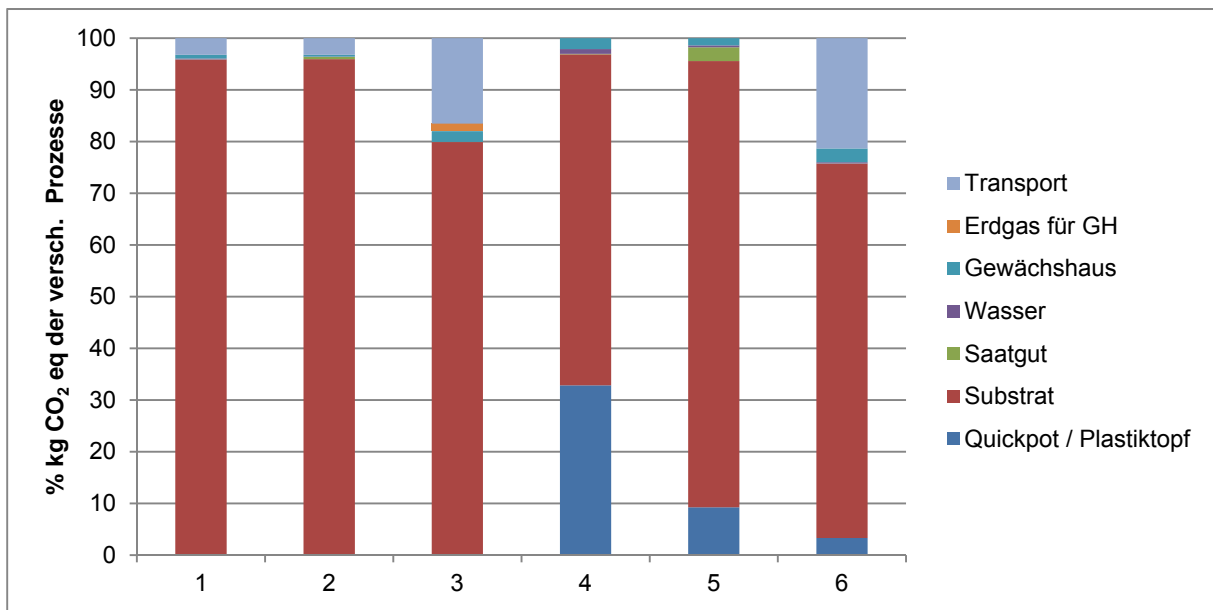


Abbildung 16: Prozesse der Setzlingsproduktion und ihre Anteile in % an der Klimawirkung.
 1 = Kopfsalat, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf
 2 = Zucchetti, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf
 3 = Tomaten, Brüederhof und Standardverfahren : Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf
 4 = Kopfsalat, ortoloco: Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht
 5 = Zucchetti, ortoloco: Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht
 6 = Tomaten, ortoloco: Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf

Die Herstellung von torfhaltigem Substrat führt zu rund 6 Mal mehr Treibhausgasemissionen als jene von torffreiem (Abbildung 17). Beim Substrat mit Torf verursacht der Torfeinsatz 79% der Emissionen (Energiegehalt Torf und Torfgewinnung). Beim Substrat ohne Torf sind die Herstellung des Grüngutkompostes für 62% und der Transport der Kokosnusssfasern für 36% der Emissionen verantwortlich.

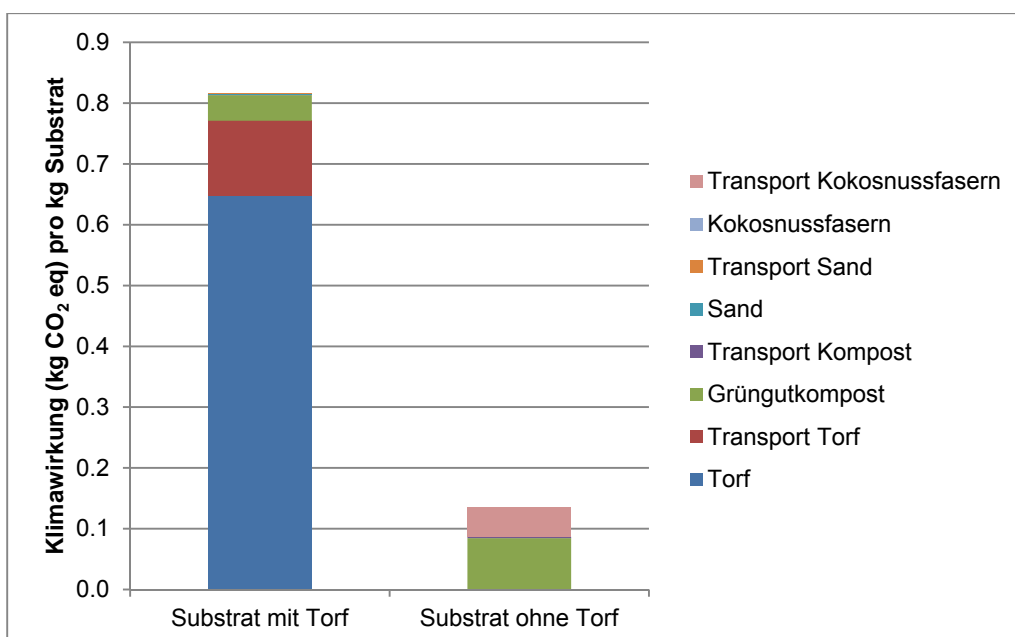


Abbildung 17: Klimawirkung in kg CO₂ eq pro kg Substrat in Total

3.2.3 Kategorie „Düngung“

Die Kategorie „Düngung“ verursacht für alle Verfahren beiden gedüngten Kulturen (alle ausser Kopfsalat ortoloco, Buschbohnen ortoloco und Brüederhof) durchschnittlich 41% der Klimawirkung“ (vgl. Abbildungen 11 bis 14). Die Kategorie beinhaltet die Herstellung und den Transport der Düngemittel sowie den Maschineneinsatz für die Düngerausbringung. Ausschlaggebend ist die Produktion der Dünger Mistkompost und Grüngutkompost, welche für die gedüngten Kulturen im Schnitt 95% der Klimagasemissionen der Kategorie „Düngung“ ausmacht (Abbildung 18). Beim Standardverfahren haben die Kompostdünger mit 93% im Durchschnitt aller Kulturen die tiefsten Anteile an den gesamten Klimagasemissionen, da zusätzlich andere Dünger verwendet werden.

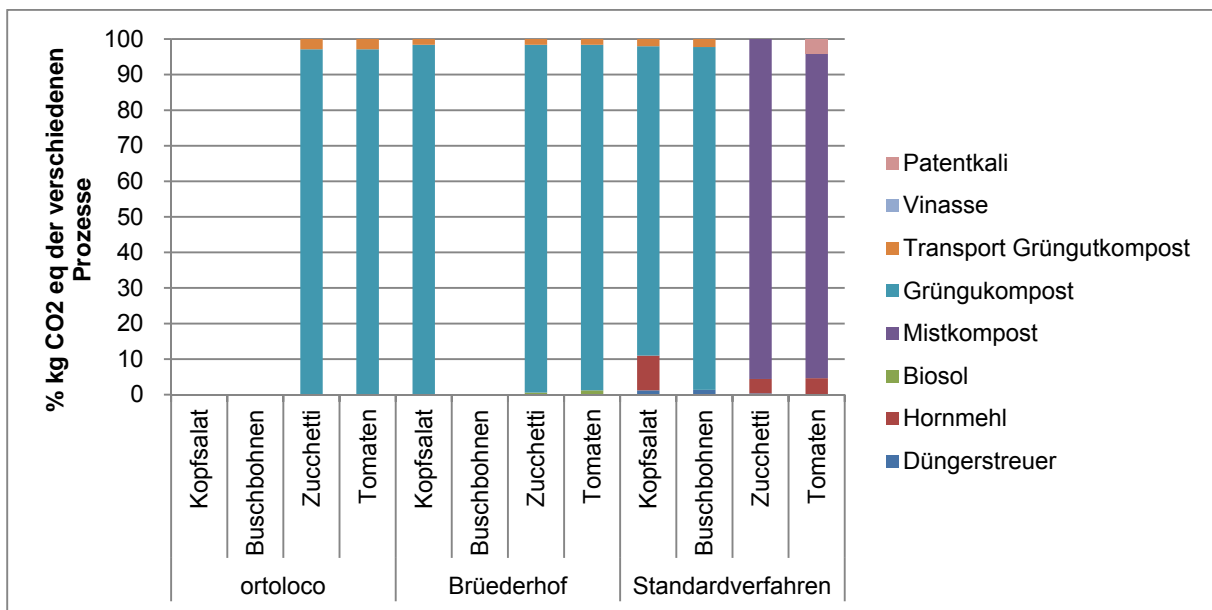


Abbildung 18: Prozesse der Kategorie „Düngung“ und ihre Anteile in % kg CO₂ eq an der Klimawirkung

Die Produktion von einem Kilogramm Mistkompost führt zu rund doppelt so hohen Emissionen wie jene von Grüngutkompost (Abbildung 19). Relevant sind vor allem die CH₄- und N₂O-Emissionen, welche während des Kompostierungsprozesses entstehen.

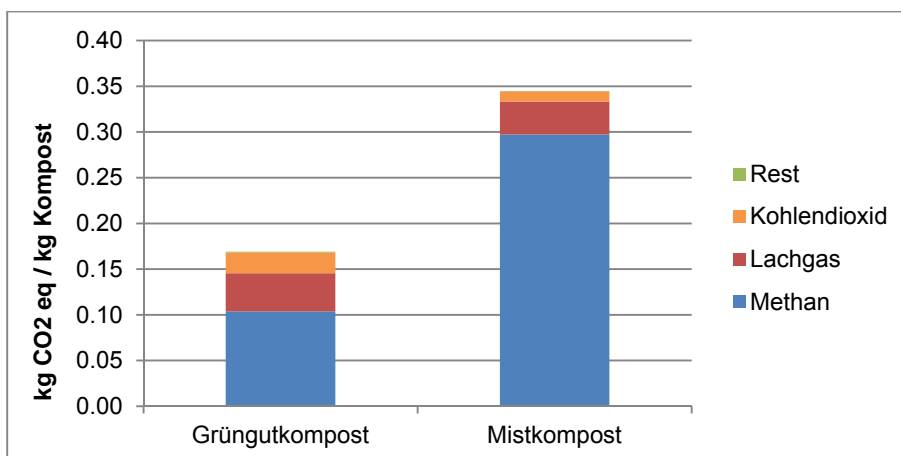


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen von Grüngutkompost und Mistkompost in kg CO₂ eq / kg Kompost

3.3 Sensitivitätsanalyse

3.3.1 Ertrag

Da die ProduzentInnen der Betriebe ortoloco und Brüederhof keine genauen Angaben zu den Erträgen geben konnten, sind die geschätzten Ertragswerte mit grosser Unsicherheit behaftet (vgl. Anhang C). Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen, dass das Anbauverfahren von ortoloco auch mit 30% weniger Ertrag bei Kopfsalat, Buschbohnen und Zucchetti den geringsten Energieverbrauch und die geringste Klimawirkung pro Produktmenge hat (Abbildung 20 und Abbildung 21). Hätte ortoloco bei den Tomaten 30% weniger Ertrag und der Brüederhof einen gleich bleibenden Ertrag, wäre die Energiebilanz von ortoloco 7% und die Klimabilanz 34% höher als beim Brüederhof.

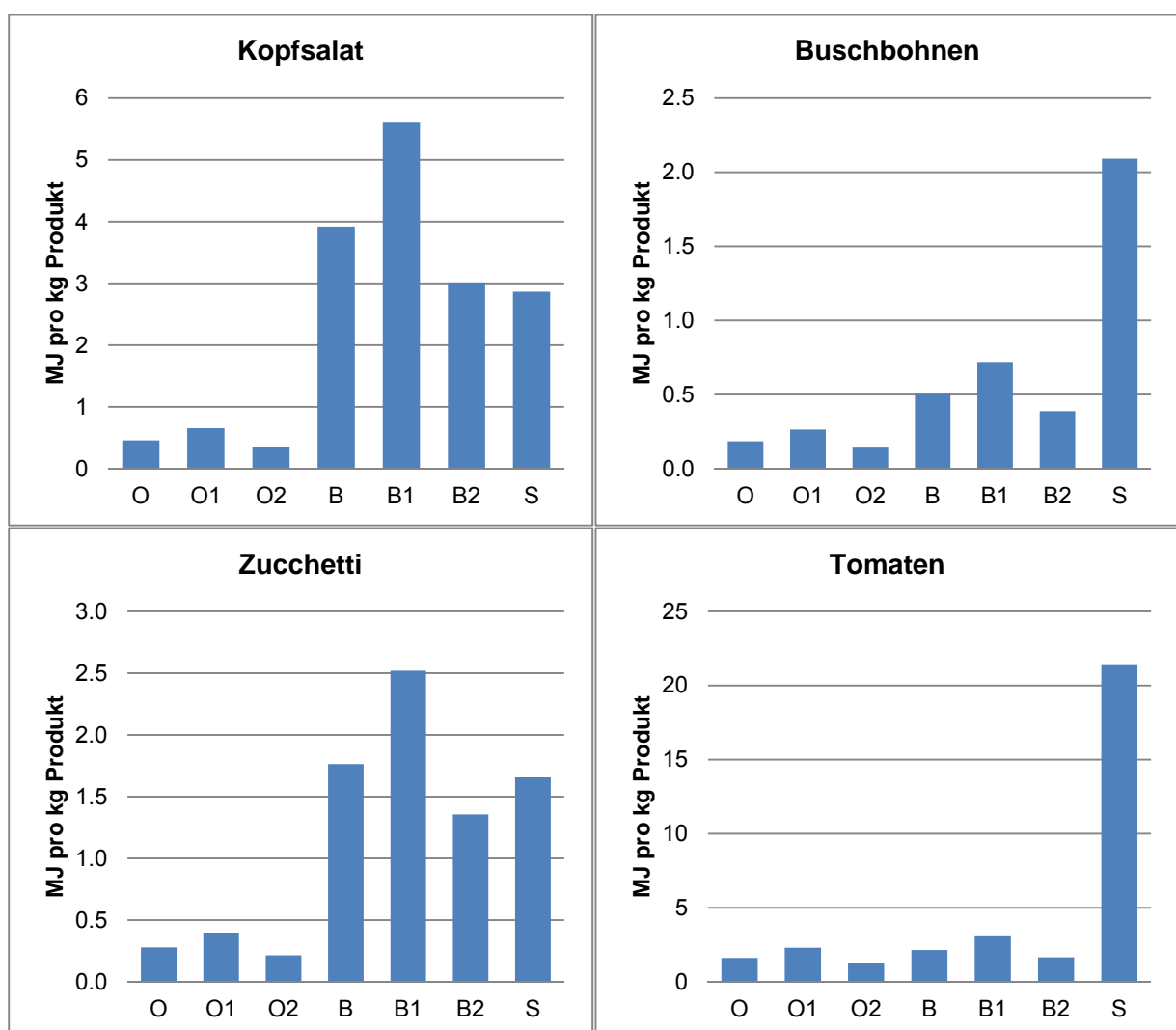


Abbildung 20: Sensitivitätsanalyse des Ertrags, Energiebilanz in MJ pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = 70% des Originalwertes, O2 = 130% des Originalwertes. Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = 70% des Originalwertes, B2 = 70% des Originalwertes. Standardverfahren: S = Originalwerte

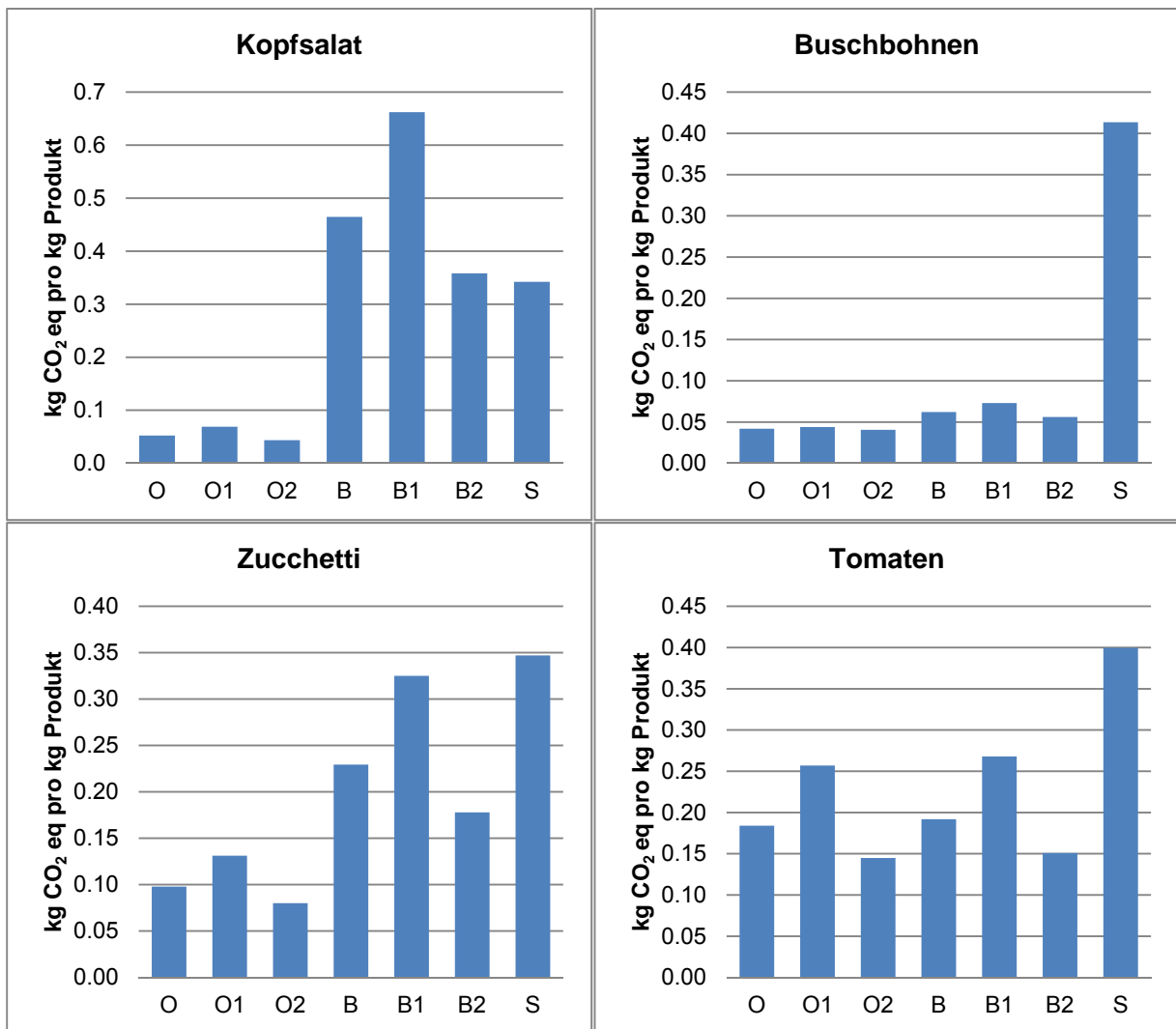


Abbildung 21: Sensitivitätsanalyse des Ertrags, Klimabilanz in kg CO₂ eq pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = 70% des Originalwertes, O2 = 130% des Originalwertes. Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = 70% des Originalwertes, B2 = 70% des Originalwertes. Standardverfahren: S = Originalwerte

3.3.2 Emissionen Kompostierungsprozess

In dieser Arbeit werden für die Modellierung der Klimawirkung des Grüngutkomposts Emissionswerte von Andersen et al. (2010) und für den Mistkompost von Hao et al. (2004) verwendet. Für die Sensitivitätsanalyse werden für den Grüngutkompost Emissionswerte von Edelmann und Schleiss (1999) hinzugezogen. Diese sind rund doppelt so hoch wie die Emissionswerte von Andersen et al. (2010) und werden in der Ecoinvent-Datenbank für die Modellierung des Grüngutkompostes verwendet. Für die Sensitivitätsanalyse des Mistkompost wird mit Werten von Amon (1998) gerechnet, diese sind rund 10 Mal so hoch wie jene von Hao et al. (2004).

Für ortoloco ist nur die Sensitivitätsanalyse des Grüngutkompostes relevant (Mistkompost wird nicht verwendet), welcher bei den Kulturen Zucchini und Tomaten eingesetzt wird. Bei den Zucchini hat ortoloco beim Verfahren O1 (Emissionswerte von Edelmann und Schleiss (1999)) nach wie vor die geringsten Treibhausgasemissionen pro Produktmenge (Abbildung 22). Vergleicht man bei den Tomaten das Verfahren O1 mit B1 (beide Emissionswerte von Edelmann und Schleiss (1999)), führt das Anbauverfahren von ortoloco zu 11% mehr Treibhausgasemissionen pro Produktmenge.

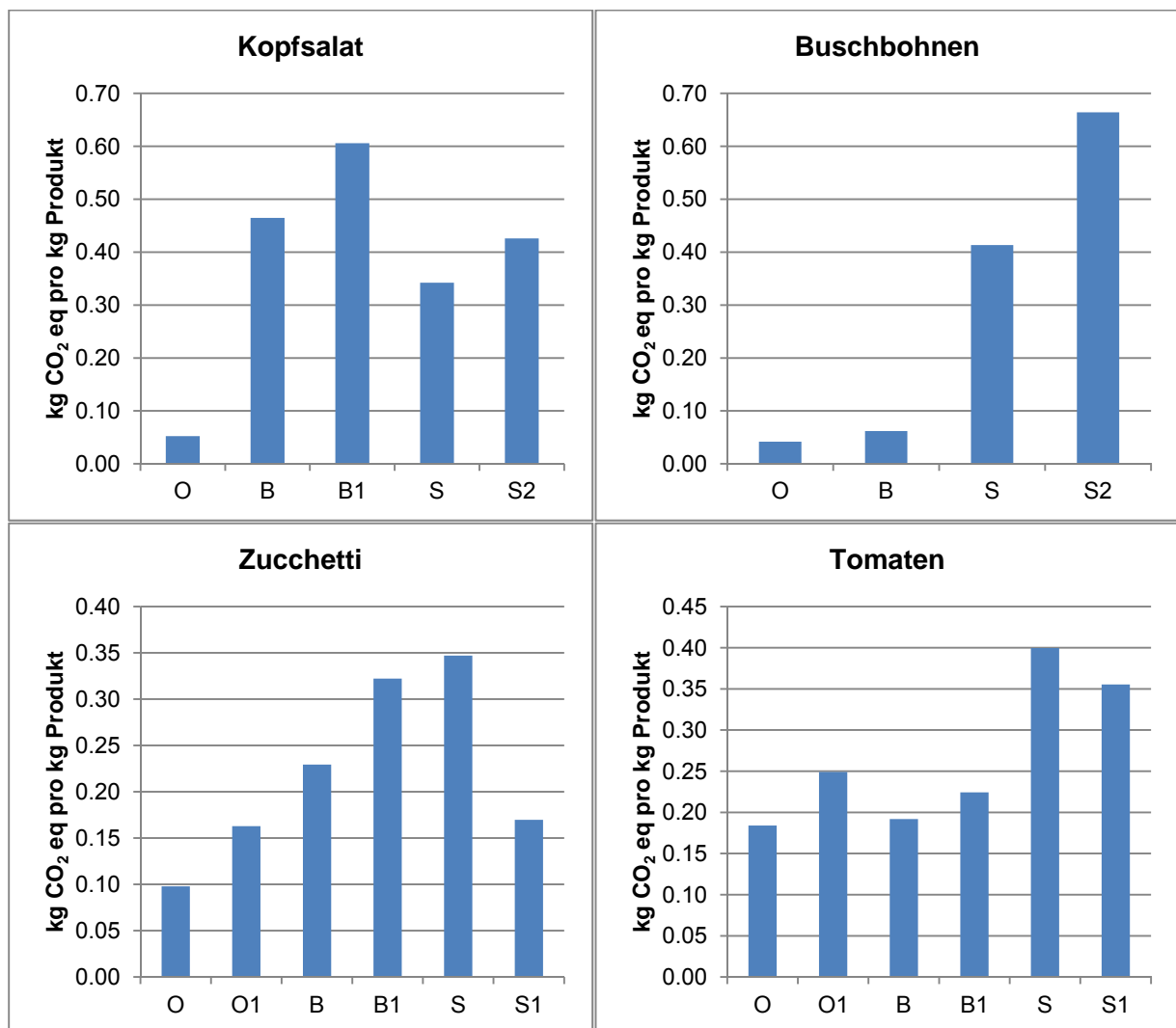


Abbildung 22: Sensitivitätsanalyse des Kompostierungsprozesses, Klimabilanz in kg CO₂ eq pro Produktmenge. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999). Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999). Standardverfahren: S = Originalwerte, S1 = Emissionswerte Amon (1998), S2 Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999)

3.3.3 Anreise der GenossenschafterInnen

Bei der Bilanzierung der Anbauverfahren wurden die Anfahrtswege der Arbeitskräfte nicht mit einbezogen. Da bei ortoloco ungewöhnlich viele Menschen an der Produktion beteiligt sind, kann dieser Punkt jedoch einen relevanten Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz haben. Die Anreise der angestellten Arbeitskräfte (Fachkräfte und PraktikantInnen) wird in dieser Sensitivitätsanalyse nicht berücksichtigt, da diese Arbeitskräfte bei allen Betrieben bzw. Anbauverfahren vorhanden sind. Zusammen mit der ortoloco-Gärtnerin Seraina Sprecher wurden die Anzahl Arbeitseinsätze pro Kultur erfasst und Annahmen zu den Mobilitätsgewohnheiten der GenossenschafterInnen getroffen (Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 1: Anzahl Arbeitseinsätze (AE) der GenossenschafterInnen von ortoloco pro Kultur und Hektare. Ein Beet = 81m², Ein Tunnel = 400m². Mittlere Einsatzdauer eines Arbeitseinsatzes (AE) = 4 Stunden

	Kopfsalat (AE / Beet)	Buschbohnen (AE / Beet)	Zucchetti (AE / Beet)	Tomaten (AE / Tunnel)
Spatenbrigade		3.00		
hacken	1.00		0.75	
jäten		0.50		
ernten		9.00	6.75	11.00
Total AE	1.00	12.50	7.50	11.00
Total AE / ha	123.46	1'543.21	925.93	275.00

Tabelle 2: Verwendete Verkehrsmittel der GenossenschafterInnen: 50% Velo, 40% öffentliche Verkehrsmittel (öV), 10% Privatauto (PW). Mittlere Distanz des Anfahrtsweges (Hin und zurück Zürich-Altstetten – Dietikon) = 24km

	Prozent der Anfahrten (%)	Strecke (km)	Prozess in Ecoinvent
Total Weg / AE	100	24.00	
Velo	50	12.00	Transport, bicycle/CH U
öV, davon Zug	28	6.72	Transport, metropolitan train, SBB mix/CH U
öV, davon Bus	12	2.88	Transport, regular bus/CH U
PW	10	2.40	Transport, passenger car/CH U

Bei den Tomaten hat der Einbezug der Anreise der GenossenschafterInnen den geringsten Einfluss mit 6% höherem Energieverbrauch und 3% höherer Klimawirkung als ohne Einbezug der Anreise (Abbildung 23 und Abbildung 24). Am meisten beeinflusst die Anreise die Bilanz der Buschbohnen mit +2938% (Energieverbrauch) und +696% (Klimawirkung). Das Verfahren O1 (inkl. Anreise) hat im Vergleich zum Brüederhof und Standardverfahren bei den Kulturen Kopfsalat, Zucchetti und Tomatennach wie vor den geringsten Energieverbrauch und die tiefsten Treibhausgasemissionen. Die Buschbohnen haben beim Verfahren O1 den grössten Energieverbrauch, die grösste Klimawirkung hat nach wie vor das Standardverfahren.

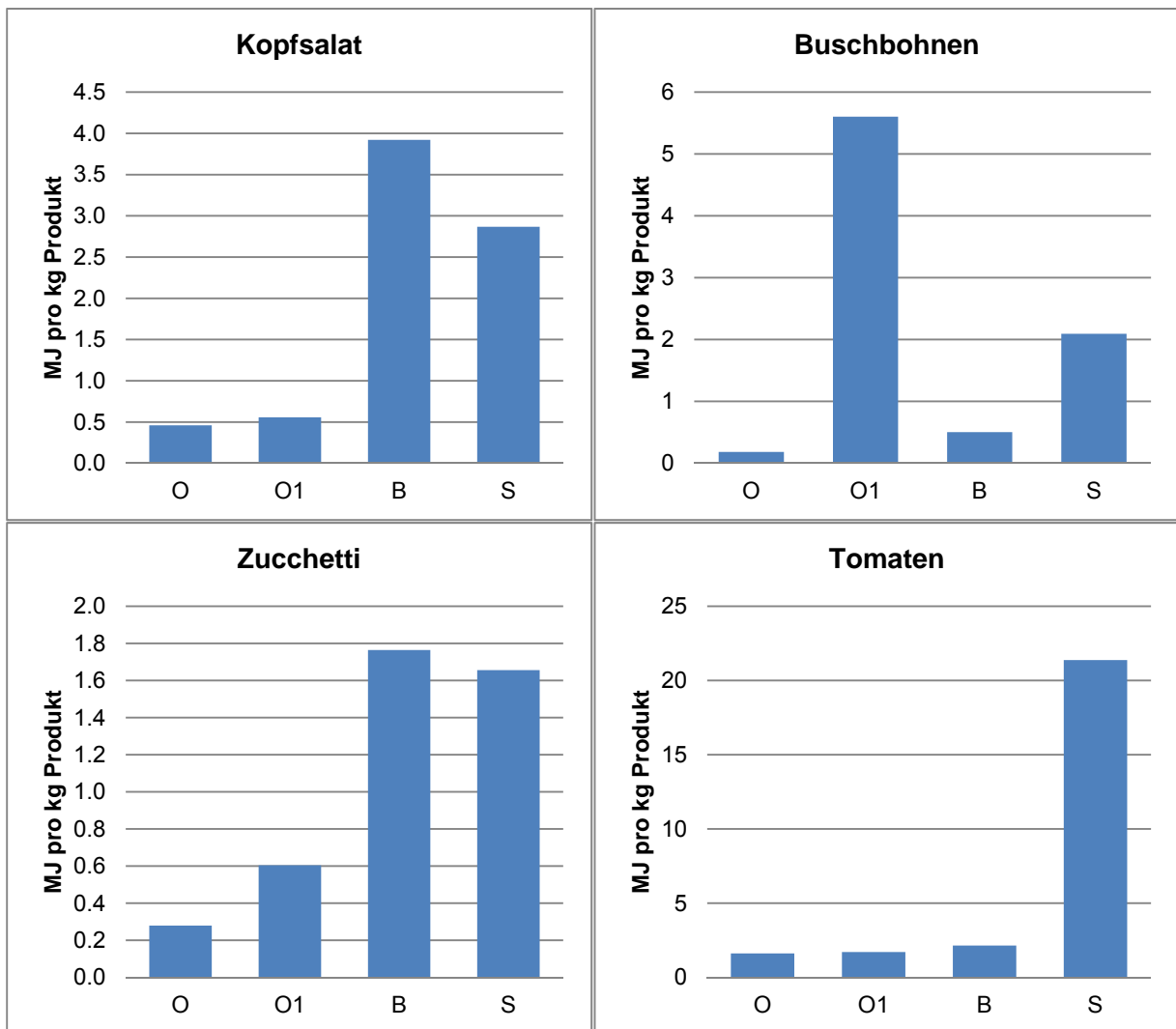


Abbildung 23: Sensitivitätsanalyse der Mitarbeit, Energiebilanz in MJ pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Anreise der MitarbeiterInnen miteinbezogen. Brüederhof: B = Originalwerte. Standardverfahren: S = Originalwerte

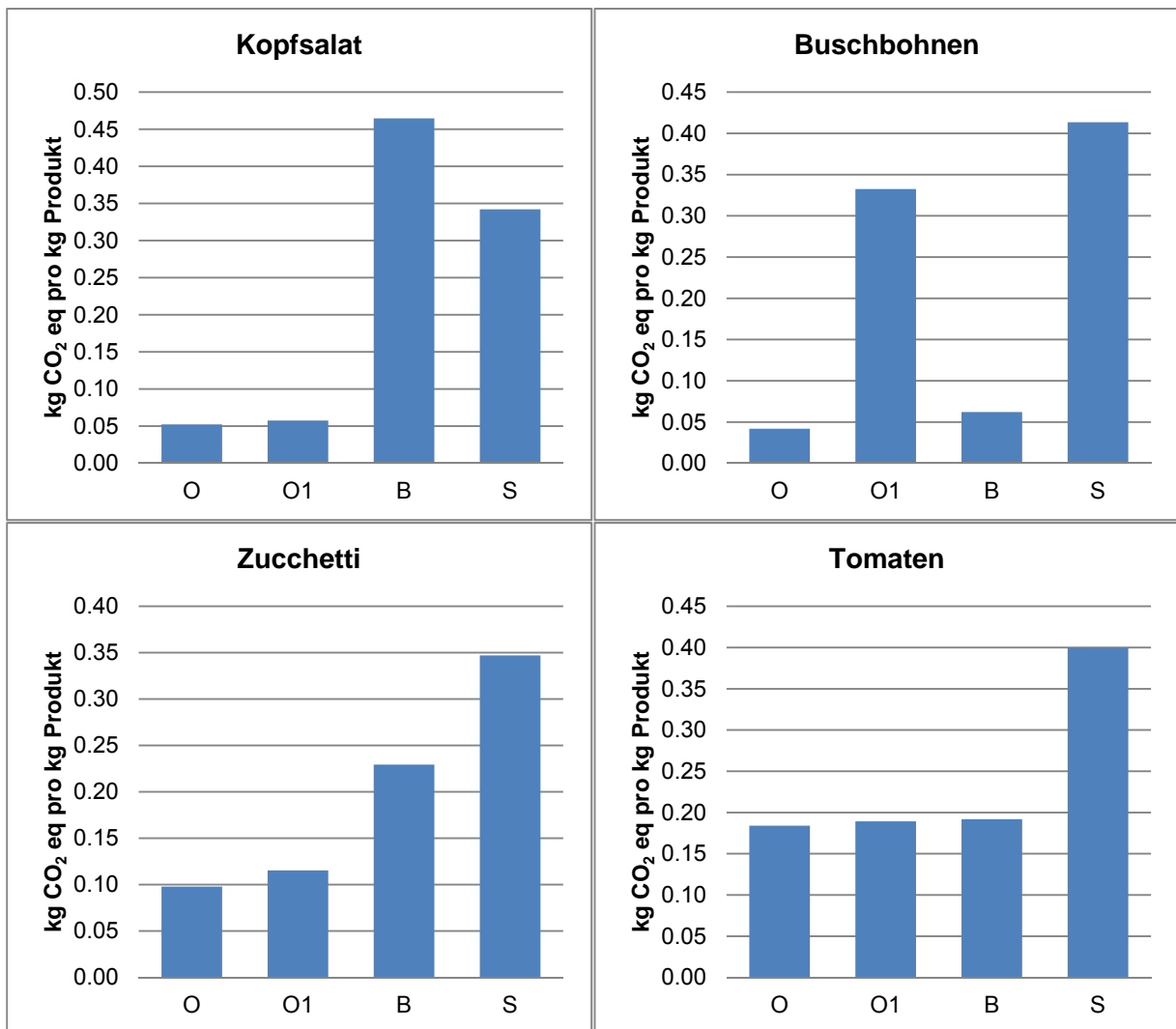


Abbildung 24: Sensitivitätsanalyse der Mitarbeit, Klimabilanz in kg CO₂ eq pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Anreise der MitarbeiterInnen miteinbezogen. Brüderhof: B = Originalwerte. Standardverfahren: S = Originalwerte

4. Diskussion

Das Anbauverfahren des CSA-Betriebes ortoloco ist bei allen Kulturen energieeffizienter und klimafreundlicher als das Anbauverfahren des Brüederhofs und als das Standardverfahren. Im folgenden werden die ausschlaggebenden Prozesse erläutert.

4.1 Ausschlaggebende Prozesse

Beheizte Gewächshäuser

Bei ortoloco werden die Tomaten in einem ungeheizten Folientunnel und beim Brüederhof in einem ungeheizten Folienhaus angebaut. Die Tomaten des Standardverfahrens sind die einzige untersuchte Kultur, welche in einem beheizten Gewächshaus aus Glas und Stahl angebaut wird. Das Erdgas macht rund 90% des Energieverbrauchs und 41% der Klimawirkung der Tomaten aus. Obwohl dadurch eine längere Kulturzeit und somit ein höherer Ertrag pro Pflanze möglich ist, führt die Beheizung mit Erdgas zu einem 13 Mal höheren Energieverbrauch pro Kilogramm Produkt im Vergleich zu ortoloco bzw. 10 Mal höher als beim Brüederhof (Abbildung 2). Die Klimawirkung der Tomaten des Standardverfahrens ist doppelt so hoch wie bei den anderen Verfahren (Abbildung 10). Die Biorichtlinien (Bio-Suisse, 2013) erlauben die ganzjährige Beheizung von Gewächshäusern, Auflagen bezüglich Maximaltemperaturen für die Winterperiode, Anbautechnik, Wärmedämmung etc. sind vorhanden.

Setzlingssubstrat

Dass ortoloco Setzlinge mit torffreiem Substrat verwendet, ist eine der Hauptursachen für die Unterschiede in der Energie- und Klimabilanz der verschiedenen Anbauverfahren. Das für die Setzlinge verwendete Substrat macht rund 21% des Energieverbrauchs und 25% der Klimawirkung aus (Durchschnitt aller Verfahren und der Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomaten). Je nach Substrat kann dieser Prozentsatz jedoch unterschiedlich ausfallen, da die Verwendung von torfhaltigem Substrat im Vergleich zu torffreiem Substrat einen 8 Mal höheren Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie hat und zu 6 Mal mehr Treibhausgasemissionen führt (Abbildung 9 und Abbildung 17). Der Brüederhof und das Standardverfahren beziehen Erdpresstöpfe, welche eine maschinelle Pflanzung ermöglichen und im Gemüsebau weit verbreitet eingesetzt werden. Gemäss den Biorichtlinien (Bio-Suisse, 2013) ist in der Jungpflanzenanzucht Substrat mit bis zu 70% Torfanteil erlaubt.

Mulchfolien

Der Brüederhof verwendet bei den Kulturen Kopfsalat und Zucchini und das Standardverfahren bei Zucchini und Tomaten einjährige Mulchfolien (Polyethylenfolien und biologisch abbaubare Folien). Beim Kopfsalat des Brüederhofs ist die PE-Folie für 31% des Energieverbrauchs und 17% der Klimawirkung verantwortlich. Die PE-Folie macht bei den Zucchini beim Brüederhof 45% und die biologisch abbaubare Mulchfolie beim Standardverfahren 17% des Energieverbrauchs der Kultur aus. Für die Klimawirkung der Zucchini ist die Folie beim Brüederhof für 22% und beim Standardverfahren für 5% der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Bei den Tomaten verwendet das Standardverfahren ebenfalls eine PE-Folie, diese ist bei der intensiven beheizten Gewächshauskultur jedoch nicht ausschlaggebend. ortoloco und Brüederhof benutzen für die Tomaten Bändchengewebe, die eine Lebensdauer von 20 Jahren und somit weniger Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz haben.

Emissionen der Komposterstellung

Grüngutkompost wird bei ortoloco bei den Zucchini und Tomaten verwendet, beim Brüederhof bei allen Kulturen ausser Buschbohnen und beim Standardverfahren bei Kopfsalat und Buschbohnen. Für Zucchini und Tomaten wird im Standardverfahren Rinder-Mistkompost eingesetzt. Die Produktion von einem Kilogramm Mistkompost verursacht doppelt so viele Treibhausgasemissionen wie jene von Grüngutkompost (Abbildung 19). Die beiden Kompostdünger können jedoch nicht direkt miteinander verglichen werden, da sie unterschiedliche Stickstoffgehalte haben (Mistkompost = 6.0 kg N / t Kompost, Grüngutkompost = 5.4 kg N / t Kompost) und somit die Düngergaben verschieden sind. Die Verwendung von Kompost (Herstellung und Ausbringung, beim Grüngutkompost zudem Transport zum Hof) ist bei den gedüngten Kulturen (alle ausser Kopfsalat ortoloco, Buschbohnen ortoloco und Brüederhof) bei allen Verfahren für einen hohen Anteil der Klimawirkung der Produkte verantwortlich. Grüngutkompost trägt durchschnittlich 42% und Mistkompost 35% zu den Treibhausgasemissionen der verschiedenen Kulturen bei (vgl. Kapitel 3.2.3). Bei den mit Mistkompost gedüngten Kulturen (Zucchini und Tomaten des Standardverfahrens) ist der Anteil der Kompostemissionen an der Klimawirkung der Kulturen verhältnismässig tief, da das Anbauverfahren der Tomaten im geheizten Gewächshaus generell sehr klimawirksam ist und die Düngung deshalb relativ weniger dazu beiträgt.

Lachgasemissionen

Die N_2O -Emissionen sind bei allen Verfahren für durchschnittlich 14% der Klimawirkung verantwortlich. Je nach Kultur sind die Emissionen aus den Ernterückständen oder jene der Dünger ausschlaggebend (vgl. Resultate von Pfab in Kapitel 1.3.1). Im Vergleich zu Ackerbaukulturen, bei denen die N_2O -Emissionen oftmals über 50% der Treibhausgasemissionen ausmachen (Nemecek, Dubois et al., 2011), ist der Anteil bei den in dieser Arbeit untersuchten Gemüsekulturen relativ gering. Gemüsebau verursacht mit seinen diversen Inputs wie Setzlingsproduktion, Gewächshauskulturen und der Verwendung von Mulchfolien diverse Treibhausgasemissionen, sodass die N_2O -Emissionen relativ betrachtet weniger stark ins Gewicht fallen als beim Ackerbau.

4.2 Vergleich mit anderen Studien

Stössel et al. (2012) kommen in ihrer Studie zum Schluss, dass Tomaten aus beheizten Gewächshäusern im Vergleich zu unbeheizten rund 4 Mal so viel Treibhauspotenzial haben. In dieser Arbeit haben die Tomaten des Standardverfahrens pro Kilogramm Produkt lediglich doppelt so viele Treibhausgasemissionen wie die unbeheizten Verfahren (Abbildung 10), der Ertrag des Standardverfahrens ist jedoch knapp 6 Mal so hoch wie jener von ortoloco bzw. 3 Mal so hoch wie jener vom Brüederhof, was die produktbezogene Klimabilanz des Standardverfahrens positiv beeinflusst.

Jungbluth und Itten (2012) zeigen in ihrer Studie, dass Gemüse aus beheizten Gewächshäusern ca. 3.5 Mal so viele Umweltbelastungspunkte verursachen wie Bio-Freilandgemüse (vgl. Abbildung 27). Diese Resultate sind nicht direkt mit den Resultaten dieser Arbeit vergleichbar, da für die Studie die UBP-Methode (Umweltbelastungspunkte) verwendet wurde, welche die einzelnen Wirkungskategorien aggregiert und nicht mehr einzeln ausweist. Zudem sind keine Resultate für die einzelnen Gemüsekulturen vorhanden.

Bei Cellura et al. (2012) verbraucht bei den Tomaten ebenfalls das Gewächshaus am meisten Energie. Für die Treibhausgasemissionen von Zucchini und Tomaten (konventioneller Anbau) sind hauptsächlich Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz verantwortlich. Die Düngung ist in dieser Arbeit bei den Kulturen Zucchini und Tomaten bei den drei untersuchten Anbauverfahren für durchschnittlich 41% der Emissionen verantwortlich, die Bewässerung verursacht durchschnittlich 4%, Pflanzenschutz hat kaum einen Einfluss, da alle Anbauverfahren biologisch wirtschaften.

Die Resultate von Kulak (2010) zeigen, dass Kopfsalat aus herkömmlichen Produktionssystemen ein rund 10 Mal höheres Treibhauspotenzial aufweist wie Kopfsalat aus CSA-Betrieben. Bei den Tomaten ist der Faktor 34. Vergleicht man das Standardverfahren und das Anbauverfahren von ortoloco auf die gleiche Weise, ergibt das beim Kopfsalat den Faktor 7 und bei den Tomaten den Faktor 2.

4.3 Verwendete Daten

Die Vergleichbarkeit der für die Bilanzierung verwendeten Daten ist beschränkt, da die Daten der Betriebe ortoloco und Brüederhof aus dem Jahr 2012 stammen, die Daten des Standardverfahrens jedoch einen langjährigen Durchschnitt repräsentieren. Dies hat einen Einfluss auf die Resultate, da es im Sommer 2012 relativ viel Niederschlag gab und dies im Zusammenhang mit der Bewässerungsintensität und dem Schädlingsdruck steht. So wurden bei ortoloco die Zucchini im Jahr 2012 nicht bewässert, im aktuellen Jahr 2013 mussten diese im trockenen Juli jedoch bewässert werden.

4.4 Sensitivitätsanalyse

Auch bei 30% weniger Ertrag hat das Anbauverfahren von ortoloco bei den Kulturen Kopfsalat, Buschbohnen und Zucchini den geringsten Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie und verursacht am wenigsten Treibhausgasemissionen (Kapitel 3.3.1 und 3.3.2). Bei den Tomaten hat gemäss der Sensitivitätsanalyse das Anbauverfahren des Brüederhofs (bei gleich bleibendem Ertrag) den geringsten Energieverbrauch und die tiefsten Treibhausgasemissionen. Da ortoloco ausschliesslich ProSpecieRara-Tomatensorten anbaut, kann dies zu sortenbedingten Ertragsunterschieden führen, die durch das Anbauverfahren nur bedingt beeinflussbar sind. Es stellt sich deshalb die Frage, wie sinnvoll es ist, bei den Tomaten die drei Verfahren ohne Einbezug der Sortenunterschiede zu vergleichen.

Werden für die Klimabilanz höhere Emissionswerte für den Grüngutkompost verwendet, hat ortoloco bei den Zucchini nach wie vor die tiefste Klimabilanz. Bei den Tomaten führt das Anbauverfahren von ortoloco jedoch zu 11% mehr Treibhausgasmissionen als das Anbauverfahren des Brüederhofs. Die für die Sensitivitätsanalyse verwendeten Emissionswerte von Edelman und Schleiss (1999) sind relativ alt und aufgrund der schlechteren Analytik mit Vorsicht zu geniessen.

Wird bei ortoloco die Anreise der GenossenschafferInnen zu den Arbeitseinsätzen miteinbezogen, verändert das die Resultate stark. Bei den Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomaten erhöht dies den Energieverbrauch um durchschnittlich 48% und die Klimawirkung um 10%. Da der Buschbohnenanbau bei ortoloco ausser Saatgutbedarf, Saat mit Semsämaschine und Verwendung von Schneckenkörnern keine energie- oder klimawirksamen Inputs benötigt, gleichzeitig jedoch viel Handarbeit und somit Arbeitskräfte erfordert, verändert der Einbezug der Anreise die Resultate stark (+2938% beim Energieverbrauch und +696% bei der Klimawirkung). So führt das ortoloco-Anbauverfahren der Buschbohnen inkl. Anreise der GenossenschafferInnen zu einem 11 mal so hohen Energieverbrauch wie beim Brüederhof bzw. 3 mal so hoch wie beim Standardverfahren. Die grösste Klimawirkung hat nach wie vor das Buschbohnen-Standardverfahren. Bei den Kulturen Kopfsalat, Zucchini und Tomaten hat das Anbauverfahren von ortoloco auch bei Einbezug der Anreise der GenossenschafferInnen den geringsten Energieverbrauch und die tiefsten Treibhausgasemissionen (vgl. Kapitel 3.3.3).

4.5 Besonderheiten von ortoloco

Dass sich die Energie- und Klimabilanz von ortoloco stark vom Standardverfahren unterscheidet, war zu erwarten, da sie in vielen Punkten voneinander abweichen (Grösse, Mechanisierung, Dünger etc.). Die Betriebe ortoloco und Brüederhof haben jedoch viele Gemeinsamkeiten. Sie bewirtschaften etwa gleich viel Fläche, haben vielseitige Fruchtfolgen, sind wenig mechanisiert, vertreiben die gesamte Ernte (ortoloco) oder zumindest einen Teil der Ernte (Brüederhof) im Abosystem und befinden sich in der Region Zürich Unterland. Dennoch zeigen sich in der Energie- und Klimabilanz dieser beiden Anbauverfahren Unterschiede. Die Gründe sind divers und auch auf die jeweiligen Fachkräfte und ihre landwirtschaftliche Praxis zurückzuführen, ausschlaggebend sind jedoch die Organisationsform und die unterschiedlichen Absatzkanäle.

Obwohl der Kopfsalat bei ortoloco nicht gedüngt wird, sind die Ernte-Erträge ähnlich wie beim Brüederhof und Standardverfahren. Real wird bei ortoloco weniger Kopfsalat produziert, jedoch wird der gesamte Ertrag geerntet. Beim Brüederhof werden durchschnittlich zwei Drittel der gepflanzten Salate geerntet, beim Standardverfahren drei Viertel. Ein Teil geht bei allen Verfahren durch Schnecken verloren oder stirbt vor der Ernte ab. Der grösste Teil dieses nicht geernteten Anteils verbleibt jedoch auf dem Feld, da die Salate nicht die gewünschte Grösse haben oder nicht vermarktet werden können. ortoloco hat aus demselben Grund bei den Zucchini einen höheren Ernte-Ertrag. Während der „Zucchettischwemme“ verbleibt beim Brüederhof und Standardverfahren ein Teil der Zucchettifrüchte auf dem Feld, bei ortoloco werden alle Zucchini geerntet und entweder mit den Gemüsetaschen verteilt oder für den Winter eingemacht.

Ausserdem kann bei ortoloco Überschussproduktion vermieden werden, da dank der fixen Anzahl Gemüseabos bereits während der Anbauplanung fest steht, wie viel Ertrag in den kommenden Monaten benötigt wird. Wird mehr geerntet, verbleibt weniger auf dem Feld, was wiederum einen Einfluss auf die N₂O-Emissionen aus den Ernterückständen hat. Die systemspezifischen Unterschiede der Ernterückstände wurden bei den N₂O-Emissionen-Berechnungen mangels Daten jedoch nicht berücksichtigt.

Obwohl das Anbauverfahren von ortoloco bei den Kulturen Buschbohnen und Tomaten niedrigere Erträge als der Brüederhof hat, erzielt es bei der Energie- und Klimabilanz bessere Resultate. Dies hat nebst der Verwendung von torffreiem Substrat bei ortoloco (vgl. Kapitel 4.1) mehrere Gründe. Die Herstellung des Tomaten-Folienhauses des Brüederhofs benötigt mehr Energie als die des Folientunnels von ortoloco. Die Bodenbearbeitung und die Kulturpflege der Buschbohnen benötigen bei ortoloco keine Maschinen und haben somit keinen Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz.

Die Buschbohnen werden bei beiden Betrieben nicht gedüngt. Dass der Kopfsalat bei ortoloco auch keinen Dünger erhält, überrascht jedoch. Um zu beurteilen, ob dies längerfristig zu einer negativen Nährstoffbilanz führen wird und den Ackerboden auslaugt, müsste die gesamte Fruchtfolge inklusive Gründüngung des Betriebes betrachtet werden.

Die Berechnungen zur Anreise der GenossenschafterInnen sind kritisch zu beurteilen. Einerseits benötigt ortoloco dank der Mitarbeit seiner Mitglieder weniger angestellte Fachkräfte, welche ebenfalls anreisen müssten. Andererseits stellt sich die Frage, was die Leute in der Zeit, in der sie heute auf dem Acker mitarbeiten, machen würden.

Die Genossenschaft ortoloco wurde im Frühling 2010 gegründet und baut somit erst in der vierten Saison Gemüse an, die Anbaupraxis wird kontinuierlich optimiert. Aktuell wird darüber diskutiert, ob mehr eigener Kompost produziert werden soll, inwiefern die Bodenbearbeitung optimiert werden kann und ob es Möglichkeiten gibt, um die Kulturpflege von Hand effizienter und effektiver zu gestalten. Diese Veränderungen hätten Einfluss auf die Energie- und Klimabilanz der Anbauverfahren. Bei der Verwendung von eigenem Kompost würden beispielsweise der Transport des Grüngutkompostes und der Einsatz der Kompostwendemaschine wegfallen.

5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Gemüsekooperative ortoloco kann aufgrund ihrer Organisationsstruktur und der damit im Zusammenhang stehenden Produktionspraxis den Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie und die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu anderen biologischen Anbauverfahren massgeblich reduzieren und ist somit ein Exempel für eine klimafreundliche und energieeffiziente Anbauweise. Ausschlaggebend sind insbesondere die gesamte Verwertung der Erträge, die Verwendung von torffreiem Substrat für die Setzlingsanzucht, der tiefe Düngerbedarf und die geringe Mechanisierung.

Aus dieser Arbeit lassen sich allgemeine Empfehlungen für den biologischen Gemüseanbau ableiten:

- Die Beheizung von Gewächshäusern ist zu minimieren, indem wärmebedürftige Gewächshauskulturen nur während den Sommermonaten angebaut werden.
- Für die Setzlingsanzucht ist torffreies Substrat zu verwenden.
- Die Verwendung von einjährigen Mulchfolien ist zu vermeiden.

Um die Energie- und Klimabilanz weiterhin zu verbessern, kann auch ortoloco seine Anbaupraxis optimieren. Möglicherweise sind die im Vergleich zu den anderen Anbauverfahren tieferen Erträge einiger Kulturen auf die extensivere Düngung zurück zu führen. In einem weiteren Schritt wäre es sinnvoll, eine Nährstoff- und Humusbilanz zu berechnen, um herauszufinden, ob die Nährstoffversorgung bedarfsgerecht ist. Zudem sollten die GenossenschafterInnen mit dem Velo oder mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zu den Arbeitseinsätzen anreisen.

Um die Relevanz der Resultate zu erhöhen, können mit dem FiBL-Betriebsmodell weitere Kulturen erfasst und bilanziert werden. Die Untersuchung weiterer Wirkungskategorien wie Eutrophierung, Ökotoxizität, Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität wäre für den genaueren Vergleich der Umweltwirkung der verschiedenen Anbauverfahren aufschlussreich.

Nebst ökologischen Gesichtspunkten sind soziale und ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit wichtig, um einen Betrieb beurteilen zu können. CSA-Betriebe unterscheiden sich in erster Linie in ihrer Organisationsform von herkömmlichen Landwirtschaftsbetrieben. Alle Beteiligten sind in der Regel GenossenschafterInnen und können über die Weiterentwicklung und die Ausrichtung der Betriebe mitentscheiden. Die KonsumentInnen werden zu ProduzentInnen und erhalten dadurch einen direkten Bezug zu ihren Nahrungsmitteln. Welche Auswirkungen hat dies auf das Konsumverhalten? Wird dadurch weniger Fleisch konsumiert, weniger Essen weggeworfen? Diese und weitere Fragen können in dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Um das Potenzial von CSA-Betrieben für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft abbilden zu können, sind Untersuchungen notwendig, die soziologische Aspekte berücksichtigen und diese mit ökologischen in Zusammenhang bringen können.

6. Literatur

- Alföldi, T., et al. (1999). "IP-und Bio-Produktion: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge." *Agrarforschung* 6(9): 337-340.
- Alig, M., et al. (2012). *Ökobilanz von Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch, Executive Summary, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.*
- Amon, B. (1998). *NH₃-, N₂O-und CH₄-Emissionen aus der Festmistabdeckschicht für Milchvieh; Stall-Lagerung-Ausbringung, Univ. für Bodenkultur, Inst. für Land-, Umwelt und Energietechnik.*
- Andersen, J. K., et al. (2010). "Quantification of greenhouse gas emissions from windrow composting of garden waste." *Journal of Environmental Quality* 39(2): 713-724.
- Audsley, E., et al. (2009). *How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope for reduction by 2050, WWFFCRN.* <http://www.fcfn.org.uk>.
- BAFU, B. f. U. (2011). "<http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/schadstoffkarten/stickstoffdeposition/index.html?lang=de>."
- Bio-Suisse (2013). *Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten, Bio Suisse.*
- Bischofberger, N. und A. Gattinger (2011). *Klimaschutz auf Biobetrieben - Merkblatt, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz.*
- BMELV (2009). <http://www.foerderpreisoekologischerlandbau.de/de/preistraeger/preistraeger-2009/buschberghof-in-fuhlenhagen/>.
- Bopp, M. (2009). *Ökobilanz von zwei Milchproduktionssystemen anhand des Systemvergleichs Milchproduktion Hohenrain, SHL Zollikofen.*
- Brock, C., et al. (2012). "The humus balance model (HU-MOD): a simple tool for the assessment of management change impact on soil organic matter levels in arable soils." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92(3): 239-254.
- Cellura, M., et al. (2012). "Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study." *Journal of cleaner production* 28: 56-62.
- Chassot, A., et al. (2005). "Oekobilanz-Vergleich von intensivem und extensivem Rindfleischproduktionsverfahren: Fallstudie anhand zweier Fallbeispiele." *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.*
- Delgado, J. A., et al. (2010). "15N isotopic crop residue cycling studies and modeling suggest that IPCC methodologies to assess residue contributions to N₂O-N emissions should be reevaluated." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 86(3): 383-390.
- Duxbury, J. M., et al. (1993). "Contributions of agroecosystems to global climate change." *Agricultural ecosystem effects on trace gases and global climate change(agriculturalecto):* 1-18.
- Edelmann, W. und K. Schleiss (1999). *Ökologischer, ökonomischer und energetischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe, BUWAL.*
- Favoino, E. und D. Hogg (2008). "The potential role of compost in reducing greenhouse gases." *Waste Management & Research* 26(1): 61-69.
- Hao, X., et al. (2004). "Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting." *Journal of Environmental Quality* 33(1): 37-44.
- Hendricks, P. (2012). *Life Cycle Assessment of Greenhouse Tomato (Solanum lycopersicum L.) Production in Southwestern Ontario.*
- IPCC (2006). "IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4 Agriculture, forestry and other land use." Hayama, Japan.
- ISO (2006). "14040 Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework." London: British Standards Institution.
- ISO (2006). "14044: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines." International Organization for Standardization.
- Jungbluth, N. (2000). *Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums, dissertation. de.*

- Jungbluth, N. (2007). "Bilanzierung von Nahrungsmitteln, Orientierung für VerbraucherInnen?" Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, 16. Jg.: 61-69.
- Jungbluth, N. und R. Itten (2012). "Umweltbelastungen des Konsums in der Schweiz und in der Stadt Zürich: Grundlagendaten und Reduktionspotentiale." ESU-services GmbH im Auftrag der Stadt Zürich (unpublished), Zürich.
- Kraiss, K. (2012). Erfolgsfaktoren für den Aufbau einer Solidarischen Landwirtschaft/ Community Supported Agriculture (CSA) sowie deren Konkretisierung am Beispiel der Gärtnerei Wurzelwerk. Witzenhausen, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau.
- Kulak, M., et al. (2013). "Reducing greenhouse gas emissions with urban agriculture: A Life Cycle Assessment perspective." Landscape and Urban Planning 111(0): 68-78.
- Kulak, M. A. (2010). Use of Life Cycle Assessment to Estimate Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Food through Community-supported Urban Agriculture, Cranfield University, School of Applied Sciences, Innovation and Design for Sustainability.
- Landwirtschaft, Z. (2009). "Wege aus der Hungerkrise." Die Erkenntnisse des Weltagrarberichtes und seine Vorschläge für eine Landwirtschaft von morgen.
- Martínez-Blanco, J., et al. (2011). "Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint." Journal of cleaner production 19(9–10): 985-997.
- Meier, M., et al. (2012). "Modelling N2O emissions from organic fertilisers for LCA inventories." Meier, M. S., et al. (2013). "Comparative environmental impact assessment of farming systems using life cycle assessment – Do we get the answers we need to make informed decisions?" Submitted to: Journal of Environmental Management.
- Nemecek, T., et al. (2005). Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau, Agroscope FAL Reckenholz Zürich, Schriftenreihe der FAL.
- Nemecek, T., et al. (2011). "Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming." Agricultural Systems 104(3): 217-232.
- Pfab, H., et al. (2009). "Einfluss von N-Düngermenge und Nitrifikationshemmung auf die direkten N2O-Emissionen eines gemüsebaulich genutzten Ackerbodens." keine.
- Schader, C., et al. (2012). "Modell zur Quantifizierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von Biobetrieben."
- Spuhler, M. (2013). "Wir verkaufen kein Gemüse, wir essen es selber." bioaktuell, das Magazin der Biobewegung 4/13: 4-7.
- Stoessel, F., et al. (2012). "Life cycle inventory and carbon and water footprint of fruits and vegetables: application to a Swiss retailer." Environmental science & technology 46(6): 3253-3262.
- SZG, S. Z. f. G. u. S. (2013). "Statistik der beliebtesten Gemüsesorten 2011".

Verzeichnis der Bilder

Abbildung 1: Kategorien des Feingemüsemodells (grün) inkl. Inputs (orange).....	15
Abbildung 2: Relativer Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (% MJ/kg) zum Standardverfahren (=100%)	18
Abbildung 3: Kopfsalat, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg).....	19
Abbildung 4: Buschbohnen, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg).....	19
Abbildung 5: Zucchini, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg).....	20
Abbildung 6: Tomaten, Vergleich des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie pro Produktmenge (MJ/kg).....	20
Abbildung 7: Prozesse der Kategorie „Saat / Pflanzung“ und ihre Anteile in % MJ am Energieverbrauch.....	21
Abbildung 8: Prozesse der Setzlingsproduktion und ihre Anteile in % am Energieverbrauch. 1 = Kopfsalat, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf 2 = Zucchini, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf 3 = Tomaten, Brüederhof und Standardverfahren : Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf 4 = Kopfsalat, ortoloco: Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht 5 = Zucchini, ortoloco: Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht 6 = Tomaten, ortoloco: Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf	22
Abbildung 9: Bedarf an nicht-erneuerbarer Energie in MJ pro kg Substrat.....	22
Abbildung 10: Relativer Vergleich der Klimabilanz pro Produktmenge(% kg CO ₂ -eq / ha) zum Standardverfahren (100%).....	23
Abbildung 11: Kopfsalat, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO ₂ eq / kg).....	24
Abbildung 12: Buschbohnen, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO ₂ eq / kg).....	24
Abbildung 13: Zucchini, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO ₂ eq / kg).....	25
Abbildung 14: Tomaten, Vergleich der Klimawirkung pro Produktmenge (kg CO ₂ eq / kg)	25
Abbildung 15: Prozesse der Kategorie „Saat/Pflanzung“ und ihre Anteile an der Klimawirkung (% kg CO ₂ eq).....	26
Abbildung 16: Prozesse der Setzlingsproduktion und ihre Anteile in % an der Klimawirkung. 1 = Kopfsalat, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf 2 = Zucchini, Brüederhof und Standardverfahren: Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf 3 = Tomaten, Brüederhof und Standardverfahren : Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf 4 = Kopfsalat, ortoloco: Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht 5 = Zucchini, ortoloco: Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht 6 = Tomaten, ortoloco: Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf	27
Abbildung 17: Klimawirkung in kg CO ₂ eq pro kg Substrat in Total.....	27
Abbildung 18: Prozesse der Kategorie „Düngung“ und ihre Anteile in % kg CO ₂ eq an der Klimawirkung.....	28
Abbildung 19: Treibhausgasemissionen von Grüngutkompost und Mistkompost in kg CO ₂ eq / kg Kompost	28
Abbildung 20: Sensitivitätsanalyse des Ertrags, Energiebilanz in MJ pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = 70% des Originalwertes, O2 = 130% des Originalwertes. Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = 70% des Originalwertes, B2 = 70% des Originalwertes. Standardverfahren: S = Originalwerte	29

Abbildung 21: Sensitivitätsanalyse des Ertrags, Klimabilanz in kg CO ₂ eq pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = 70% des Originalwertes, O2 = 130% des Originalwertes. Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = 70% des Originalwertes, B2 = 70% des Originalwertes. Standardverfahren: S = Originalwerte.....	30
Abbildung 22: Sensitivitätsanalyse des Kompostierungsprozesses, Klimabilanz in kg CO ₂ eq pro Produktmenge. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999). Brüederhof: B = Originalwerte, B1 = Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999). Standardverfahren: S = Originalwerte, S1 = Emissionswerte Amon (1998), S2 Emissionswerte Edelmann und Schleiss (1999).....	31
Abbildung 23: Sensitivitätsanalyse der Mitarbeit, Energiebilanz in MJ pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Anreise der MitarbeiterInnen miteinbezogen. Brüederhof: B = Originalwerte. Standardverfahren: S = Originalwerte	33
Abbildung 24: Sensitivitätsanalyse der Mitarbeit, Klimabilanz in kg CO ₂ eq pro Produktmenge, jede Kultur einzeln dargestellt. ortoloco: O = Originalwerte, O1 = Anreise der MitarbeiterInnen miteinbezogen. Brüederhof: B = Originalwerte. Standardverfahren: S = Originalwerte.....	34
Abbildung 25: Umweltbelastung der verschiedenen Konsumbereiche (links, UBP pro Person im Jahr 2005) und Umweltintensität der verschiedenen Konsumbereiche (rechts, UBP pro CHF im Jahr 2005) in der Schweiz. Quelle: Jungluth und Itten (2012), S. 23	80
Abbildung 26: Relatives Treibhauspotenzial (GWP) pro Produktmenge. Quelle: (Stoessel et al., 2012), S. 3257	80
Abbildung 27: Umweltbelastungspunkte der Produktionsanteile pro kg Gemüseeinkauf. GH = Gewächshaus, IP = Integrierte Produktion. Quelle: (Jungbluth und Itten, 2012), S. 41	81
Abbildung 28: Relativer Beitrag der Produktionsprozesse zum Treibhauspotenzial (GWP), CF = community farm, S = conventional food supply sytem. Quelle: (Kulak, Graves et al., 2013), S. 74	81

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Anzahl Arbeitseinsätze (AE) der GenossenschafterInnen von ortoloco pro Kultur und Hektare. Ein Beet = 81m ² , Ein Tunnel = 400m ² . Mittlere Einsatzdauer eines Arbeitseinsatzes (AE) = 4 Stunden	32
Tabelle 2: Verwendete Verkehrsmittel der GenossenschafterInnen: 50% Velo, 40% öffentliche Verkehrsmittel (öV), 10% Privatauto (PW). Mittlere Distanz des Anfahrtsweges (Hin und zurück Zürich-Altstetten – Dietikon) = 24km	32
Tabelle 3: In Simapro modellierte Prozesse, welche für diese Arbeit neu erstellt wurden.....	60
Tabelle 4: Werte für den Energieverbrauch (Energieverbrauch (CED 1.08) [in MJ]) und die Klimagasemissionen (EF Klima (IPCC 2007 GWP 100a) [in kg CO ₂ eq]), welche mit Simapro für die Prozesse gerechnet wurden.....	71
Tabelle 5: Aus den Fragebögen übertragene Werte der verschiedenen Anbauverfahren. Alle Werte gelten für die Produktion der Kultur auf einer Fläche von einer Hektare. Die Nummern in der ersten Spalte entsprechen den Nummern und somit den Prozessen aus der Tabelle 4.	75
Tabelle 6: Düngerwerte (N _{tot} und N _{lös} , welche für die Lachgasmodellierung verwendet werden.	77
Tabelle 7: Werte für Trockenmasse und Stickstoffgehalt des Ernteguts und der Ernterückstände, welche für die Lachgasmodellierung verwendet werden.....	77
Tabelle 8: Energiebilanz des Anbauverfahrens von ortoloco, Energieverbrauch pro Produktmenge (MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.....	78
Tabelle 9: Energiebilanz des Anbauverfahrens des Brüederhofs, Energieverbrauch pro Produktmenge(MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.	78
Tabelle 10: Energiebilanz des Standardverfahrens, Energieverbrauch pro Produktmenge(MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.....	78
Tabelle 11: Klimabilanz des Anbauverfahrens von ortoloco, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO ₂ eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.....	79
Tabelle 12: Klimabilanz des Anbauverfahrens des Brüederhofs, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO ₂ eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.....	79
Tabelle 13: Klimabilanz des Standardverfahrens, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO ₂ eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.	79

Dank

Herzlichen Dank an

- Seraina Sprecher von ortoloco und Gerd Kessens vom Brüederhof für ihre unermüdliche Beantwortung meiner Fragen.
- Matthias Meier, Christian Schader und Martin Koller vom FiBL für das entgegengebrachte Vertrauen, ihr Interesse an der Thematik und die grossartige Unterstützung.
- Jürg Boos von der ZHAW Wädenswil, bei dem ich dieses Thema in unreifer Form als Bachelorarbeit eingeben durfte.
- Peter Feusi, Betriebsleiter Biogas Zürich AG, für die Kompostanalyse.
- einen netten Berater von GVZ Rossat für das aufschlussreiche Telefongespräch.

Anhang A – Aufgabenstellung

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und
Facility Management

Institut für
Umwelt und
Natürliche Ressourcen

Bachelor-Arbeit		
Studienjahrgang	UI 09	
Titel	Bilanzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen einer Gemüsetasche der Genossenschaft ortoloco (Arbeitstitel)	
Vertraulich	ja <input type="checkbox"/> X nein <input checked="" type="checkbox"/>	
Fachgebiet	Spezialkulturen	
Namen	Studentin	Lea Egloff
	1. Korrektor	Jürg Boos
	2. Korrektor	Christian Schader
Aufgabenstellung	<p>Ausgangslage</p> <p>In der Schweiz sind in den letzten Jahren vielerorts CSA-Initiativen (Community Supported Agriculture) entstanden, welche auf grosses Interesse und Aufmerksamkeit stossen, so z. B. «ortoloco» in Dietikon. Ein wichtiger Grundsatz dieser Initiativen ist die soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit. Sie wird gelebt, diskutiert und entwickelt, bisher jedoch kaum wissenschaftlich untersucht.</p> <p>Es existieren diverse Tools, um Nachhaltigkeitsanalysen durchzuführen. Das FiBL hat in den letzten Jahren das «Betriebsmodell Energie und Klima» entwickelt, (http://orgprints.org/20692/), welches eine Bilanzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen auf Produktebene ermöglicht.</p> <p>Zielsetzungen</p> <p>Weiterentwicklung des Betriebsmodells: Das FiBL-Betriebsmodell wird stetig weiterentwickelt, zurzeit existieren Module für Pflanzenbau und Tierproduktion. Während dieser Arbeit wird ein Feingemüsemodul ausgearbeitet und in das Betriebsmodell integriert, dieses kann vom FiBL anschliessend weiter verwendet werden.</p> <p>Modellanwendung: Mit dem Feingemüsemodul wird exemplarisch die Genossenschaft «ortoloco» (www.ortoloco.ch) auf den Teilaspekt ökologische Nachhaltigkeit untersucht und mit einem klassischen Gemüseabo-Produzenten verglichen (z.B. Bruederhof in Dällikon). Dabei wird nicht nur die Gemüse-Produktion, sondern die ganze Wertschöpfungskette berücksichtigt.</p>	

Zeitplan:	KW 4 – 6 KW 11 KW 10 – 16 KW 17 – 21 KW 21 KW 23, 24, 28 KW 31 KW 35 KW 36	Gespräche mit Experten Startgespräch am FiBL Abgabe Aufgabenstellung und Ressourcenplanung Literaturrecherche, Einarbeitung in die Methode Intensive Arbeit mit und am FiBL: Modell weiterentwickeln, Daten erheben, Modellcheck, Resultate auswerten Halbzeitgespräch: Diskussionsgrundlage sind die Kapitel 1-3 Schreibarbeit Abgabe zur Vorkorrektur Überarbeiten gemäss Vorkorrektur Abgabe Bachelorarbeit
Abwesenheiten	Lea Egloff: KW 12, 14+15, 22, 25-27, 29+30, 32-34 (Arbeit im Bergwaldprojekt, Summer School ZHAW, Ferien) Jürg Boos: KW 30-32 (Ferien) Christian Schader: Gemäss FiBL-Kalender	
Aufbau und Inhalt Provisorisches Inhaltsverzeichnis	<ul style="list-style-type: none"> Liste der Abkürzungen ▷ 1 Einleitung ◄ 2 Theorieteil <ul style="list-style-type: none"> ▷ 2.1 Ökobilanzierung in der Landwirtschaft ◄ 3 Material und Methoden <ul style="list-style-type: none"> ▷ 3.1 FiBL-«Betriebsmodell Energie und Klima» ▷ 3.2 Untersuchte Betriebe ◄ 4 Ergebnisse <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Feingemüsemodul ▷ 4.2 Betriebsvergleich ◄ 5 Diskussion <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Feingemüsemodul 5.2 Betriebsvergleich 6 Literatur Verzeichnis der Bilder Verzeichnis der Tabellen Verzeichnis der Anhänge 	
Bemerkungen	Die Arbeit wird mit der FiBL-Formatvorlage verfasst und Endnote wird als Zitierprogramm verwendet. Anstelle eines Posters wird ein Merkblatt oder ein Artikel verfasst.	
Formales	<i>Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden.</i>	
Arbeitsort	FiBL Frick	

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009. Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.

Anhang B – Beschreibung der Betriebe

Gemüsekooperative ortoloco

Ort, Jahr	Dietikon, seit 2010
Fläche, davon gedeckt	1.4ha, davon 8a gedeckt (Folientunnel)
Anzahl Kulturen	Diverse Feingemüse und Kräuter, ca. 60 Kulturen
Standort	400müM, sandiger Lehmboden
Organisationsform	Genossenschaft, Pächterin vom Biohof Fondli
Personal	2 Fachkräfte à je 70%, März bis Oktober 2 Praktikumsplätze à je 80%, ca. 500 mitarbeitende GenossenschafterInnen
Absatzkanäle	230 Abos (im Winter Zukauf von Lagergemüse vom Brüederhof)
Weitere Informationen	www.ortoloco.ch

Brüederhof Gerd Kessens

Ort, Jahr	Dällikon, seit 1998
Fläche, davon gedeckt	1.1ha, davon 20a gedeckt (Folienhäuser)
Anzahl Kulturen	Diverse Feingemüse
Standort	420müM, früher Moor, heute Moosboden (20-40cm Humusschicht)
Organisationsform	AG, Pächter vom Brüederhof
Personal	450 Stellenprozent auf 8 Mitarbeiter verteilt
Absatzkanäle	450 Abos, Einzellieferungen, Wochenmarkt Baden (Zukauf von Brüederhof und anderen in- und ausländischen ProduzentInnen)
Weitere Informationen	http://www.bruederhof.ch/index.php?n=3&s=18

Anhang C – Fragebögen

1. Anbauverfahren von ortoloco
2. Anbauverfahren von Brüederhof
3. Standardverfahren
4. Dokumentation Erträge
5. Quellen

Die Nummern in Klammern () bezeichnen die Quellen.

1. Anbauverfahren von ortoloco

	Kultur			
Kategorien	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Allgemein				
Kulturzeit	5 Wochen (8)	14 Wochen, Anfang Juni bis Ende August (8)	19 Wochen (8)	23 Wochen, Mitte Mai bis Anfang Oktober (8)
Ertrag (FS)	22t/ha (8)	5t/ha (2, 8)	50t/ha (8)	50t/ha (8)
Bodenbearbeitung				
Traktor	-	-	-	-
Maschine/Werkzeug	1x Bodenfräse Agria 3700, Hand-Kräuel (8)	Spatenbrigade, Hand-Kräuel (8)	1x Bodenfräse Agria 3700, Hand-Kräuel (8)	1x Bodenfräse Agria 3700, Hand-Kräuel (8)
Saatgut				
Sorte	Merveille des 4 Saisons	Maxi	Mutabile	20-30 Sorten
Herkunft	Sativa	Sativa	Sativa	
Typ	Normalsaatgut	Normalsaatgut	Normalsaatgut	Normalsaatgut
Setzlingsproduktion				
Eigene Anzucht oder Zukauf	Eigene	-	Eigene	Zukauf
Wenn Zukauf, Produktionsort	-	-	-	Rebekka Herzog, Hottwil, PSR-Produzentin
Typ	Quickpot 4x4cm (8)	-	Saatschalen, dann zu zweit in Einzeltöpfe, 6x6cm (8)	Saatschalen, dann Einzeltöpfe, 8x8cm (17)
Substrat	Anzuchterde von Neubauer (8)	-	Anzuchterde von Neubauer (8)	Bio-Erde ohne Torf von OekoHum (17)
Substratbedarf	100cm ³ /Pfl. (6, 8)	-	340cm ³ /Pfl. (6, 8)	800cm ³ /Pfl. (6, 17)
Behälter	54er-Quickpots (GVZ), Gewicht Schale: 0.450kg	-	Einzeltöpfe aus Polyethylen	Einzeltöpfe aus Polyethylen
Saatgutmenge	0.75kg/ha (14)	-	5kg/ha (14)	0.2kg/ha (14)
Dauer Anzucht	4 Wochen (8)	-	3 Wochen (8)	9 Wochen (17)
Gewächshaus	Anzuchtunnel / Frühbeetkasten (8)	-	Anzuchtunnel / Frühbeetkasten (8)	Frühbeetkästen, in der Nacht abgedeckt mit Noppenfolie, später ungeheizter Folientunnel (17)
Heizung	-	-	-	Elektrontheizung (17)
Bewässerung	0.5l / Pfl. (8)	-	0.5l / Pfl. (8)	0.8l / Setzling (17)

Saat/Pflanzung				
Traktor	-	-	-	-
Maschine	von Hand	Sembdner Handsämaschine	von Hand	von Hand
Menge Setzlinge / Saatgut	90'000 Pfl. / ha	140kg/ha (21)	13'000 Pfl. / ha	16'000 Pfl./ha
Mulchfolie	-	-	-	Bändchengewebe, Lebensdauer 20 Jahre
Gewächshaus				
Gewächshaus-Typ	-	-	-	Folientunnel
Material Gerüst	-	-	-	Stahl
Material Eindeckung	-	-	-	Einfachfolie, 4750kg/ha
Heizung	-	-	-	-
Hummeln	-	-	-	-
Düngung				
Maschine	-	-	von Hand	von Hand
Grunddüngung	-	-	Kompost von Stadt Zürich, 9 Monate alt, unbeheizt: 20t/ha (8, 20)	Kompost von Stadt Zürich, 9 Monate alt, unbeheizt: 30t/ha (8, 20)
Nachdüngung	-	-	-	Beinwelljauche (1:10): 1l/Pfl. (8)
Pflege				
Maschine	3x hacken von Hand (8)	anhäufeln, 3x hacken von Hand (8)	2x hacken von Hand (8)	ausgeizen, aufbinden, entblatten, etc.
Jäten	-	ja	ja	ja
Pflanzenschutz				
Maschine	-	-	-	-
Mittel	-	Schnecken: 1x Sluwx, 3kg/ha (8, 13)	Schnecken: von Hand sammeln, 1x Sluwx, 3kg/ha (8, 13)	Beinwelljauche (s. Düngung) (8)
Nützlingseinsatz	-	-	-	-
Bewässerung				
Bewässerungstyp	-	-	-	Tropfschlauch, GVZ
Menge Wasser	-	-	-	1400m3/ha (8)
Wasserqualität	-	-	-	Trinkwasser
Ernte				
Maschine / von Hand	von Hand	von Hand	von Hand	von Hand
Ernterückstände auf Feld (ober- und unterirdisch)	4.5t/ha (8)			kaum Erntereste, Pflanzen werden inkl. Wurzeln entfernt
Erntewagen	Veloanhänger	Veloanhänger	Veloanhänger	Veloanhänger

2. Anbauverfahren von Brüederhof

	Kultur			
Kategorien	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Allgemein				
Kulturzeit	5 Wochen, Anfang Juli bis Anfang August	12 Wochen, Anfang Juni bis Mitte August,	14 Wochen, Anfang Mai bis Anfang August	23 Wochen Mitte Mai bis Anfang Oktober
Ertrag (FS)	23t/ha (18)	7t/ha (18)	35t/ha (18)	100t/ha (18)
Bodenbearbeitung				
Traktor	Grunderco (19)	Grunderco (19)	Grunderco (19)	-
Maschine/Werkzeug, Anzahl Durchgänge	1x Beetfräse FALC (19)	1x Beetfräse FALC (19)	1x Beetfräse FALC (19)	1x Bodenfräse, Agria 2500 (19)
Saatgut				
Sorte	-	-	-	-
Herkunft	-	Sativa	-	-
Typ	-	-	-	-
Setzlingsproduktion				
Eigene Anzucht oder Zukauf	Zukauf	-	Zukauf	Zukauf
Wenn Zukauf, Produktionsort	Gärtnerei Natterer (19)	-	Gärtnerei Natterer (19)	Gärtnerei Natterer (19)
Typ	-	-	-	-
Substrat	-	-	-	-
Substratbedarf	-	-	-	-
Behälter	-	-	-	-
Saatgutmenge	-	-	-	-
Dauer Anzucht	-	-	-	-
Gewächshaus	-	-	-	-
Heizung	-	-	-	-
Bewässerung	-	-	-	-
Saat/Pflanzung				
Traktor	-	-	-	-
Maschine	von Hand	Sembdner Handsämaschine	von Hand	von Hand
Menge Setzlinge / Saatgut	100'000Pfl./ha (19)	140kg/ha (21)	10'000/ha (19)	12500 Pfl/ha, zweitriebige Pflanzen (3)
Mulchfolie	PE-Mulchfolie, einjährig, GVZ (19)	-	PE-Mulchfolie, einjährig, GVZ (19)	Bändchengewebe, Lebensdauer 20 Jahre (19)

Gewächshaus				
Gewächshaus-Typ	-	-	-	Folienhaus
Material Gerüst	-	-	-	Stahl, Beton (Punkt- fundament alle 2m) (19)
Material Eindeckung	-	-	-	Doppelfolie
Heizung	-	-	-	-
Hummeln	-	-	-	-
Düngung (vor und während Kultur)				
Maschine	von Hand	-	von Hand	von Hand
Grunddüngung	Kompost von Kom- pogas Otelfingen: 20t/ha (19)	-	Kompost von Kom- pogas Otelfingen: 20t/ha (19)	Kompost von Kom- pogas Otelfingen: 20t/ha (19)
Nachdüngung	-	-	Biosol: 600kg/ha (19)	Biosol: 1200kg/ha (19)
Pflege				
Maschine	-	Bohnen häufeln mit Einradhacke	-	-
Jäten	-	ja	-	-
Pflanzenschutz				
Maschine	-	-	-	-
Mittel	-	-	-	-
Nützlingseinsatz	-	-	-	-
Bewässerung				
Bewässerungstyp	Sprekler	Sprekler	Sprekler	Metallrohre (1 Rohr für 2 Reihen Toma- ten)
Menge Wasser	200m ³ /ha (19)	50m ³ /ha (19)	600m ³ /ha (19)	4600 m ³ /ha (19)
Wasserqualität	Trinkwasser	Trinkwasser	Trinkwasser	Trinkwasser
Ernte				
Maschine / von Hand	von Hand	von Hand	von Hand	von Hand
Ernterückstände auf Feld (ober- und unterir- disch)				kaum Erntereste, Pflanzen werden inkl. Wurzeln entfernt
Erntewagen	ja	ja	ja	ja

3. Standardverfahren

	Kultur	-	-	-
Kategorien	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchini, dunkelgrün	Tomaten (Langkultur)
Allgemein				
Kulturzeit	5 Wochen, Anfang Juli bis Anfang August (1)	12 Wochen, Anfang Juni bis Mitte August (2)	14 Wochen, Anfang Mai bis Anfang August (1)	30 Wochen, Mitte März bis Mitte Oktober (3)
Ertrag (FS)	21t/ha (4)	7t/ha (2)	35t/ha (2)	280t/ha (4)
Bodenbearbeitung				
Traktor	60 PS (4)	100 PS (4)	100 PS für Pflug, 60 PS für Beetfräse (4)	60 PS (4)
Maschine/Werkzeug	1x Beetfräse, 1.8m (4)	1x 3-Schar-Pflug, 1x Kreiselegge 3m (2)	1x 3-Schar-Pflug, 1x Beetfräse 1.8m (4)	1x Spatenmaschine 2m, 1x Bodenfräse 2.1m (2)
Saatgut				
Sorte	Lobela (5)	Massai (5)	Naxos (4)	Admiro (5)
Herkunft	Enza	Syngenta	Syngenta	DeRuiter
Typ	Topfpille	Normalsaatgut	Normalsaatgut	Normalsaatgut
Setzlingsproduktion				
Eigene Anzucht oder Zukauf	Zukauf	-	Zukauf	Zukauf
Wenn Zukauf, Produktionsort	Schweiz	-	Schweiz	Holland
Typ	Erdpresstopf 4x4cm (6)	-	Erdpresstopf 6x6cm (6)	Erdpresstopf 9x9cm (6)
Substrat	70% Schwarztorf 30% Kompost (4)	-	70% Schwarztorf 30% Kompost (4)	70% Schwarztorf 30% Kompost (4)
Substratbedarf	4*4*4=64, Verdichtung 1:2, 64*2=128cm ³ /Topf (6)	-	6*6*6=216, Verdichtung 1:2, 216*2=432cm ³ /Topf (6)	9*9*9=729, Verdichtung 1:2, 729*2=1458cm ³ /Topf (6)
Behälter	-	-	-	-
Saatgutmenge	0.75kg/ha (14)	-	5kg/ha (14)	0.2kg/ha (14)
Dauer Anzucht	4 Wochen (6)	-	3 Wochen (8)	7 Wochen (6)
Gewächshaus	ja	-	ja	ja
Heizung	keine	-	keine	1l Erdöl/m ² und 5 Wochen (7)
Bewässerung	0.5l/Setzling (8)	-	0.5l/Setzling (8)	1l/Setzling (8)

Saat/Pflanzung				
Traktor	60PS (4)	60PS (4)	60PS (4)	-
Maschine	Pflanzen mit Bändlimaschine (4)	Einzelkornsämaschine Gemüse, 1.8 m, ART-Nr. 15011 (4, 15)	Pflanzmaschine Akkord (4)	Pflanzen von Hand (4)
Menge Setzlinge / Saatgut	80'000 Pfl/ha (1)	140 kg/ha (21)	11000 Pfl/ha (4)	12500 Pfl/ha, zweitriebige Pflanzen (3)
Mulchfolie	-	-	Mulchfolie, abbaubar, 18my (9)	PE-Folie, schwarz-weiss, 50my (9)
Gewächshaus				
Gewächshaus-Typ	-	-	-	Venlo-Glashaus (4,9)
Material Gerüst	-	-	-	20 Jahre Lebensdauer, Beton: 109 t/ha Aluminium: 37 t/ha Stahl: 196 t/ha (10)
Material Eindeckung	-	-	-	Glas: 119 t/ha (10)
Heizung	-	-	-	126'000m3 Erdgas/ha (2, 11)
Hummeln	-	-	-	29 Völker /ha (2)
Düngung				
Nährstoffbedarf (kg/ha)	90 N, 35 P, 180 K, 12 Mg (1)		160 N, 48 P, 220 K, 32 Mg (1)	530 N (1), 137 P, 938 K, 153 Mg, 798 Ca (3)
Maschine	Schleuder-Düngerstreuer: 12m breit, Traktor 50PS (4)	Schleuder-Düngerstreuer: 12m breit, Traktor 50PS (4)	Schleuder-Düngerstreuer: 12m breit, Traktor 50PS (4)	von Hand (4)
Grunddüngung	Grüngut-Kompost: 18m3/ha = 10.8t/ha Biorga-N: 700kg/ha (4, 12)	Grüngut-Kompost: 18m3/ha = 10.8t/ha (4)	Rinder-Mistkompost: 20t/ha Biorga-N: 1000kg/ha (1, 4, 12)	Rinder-Mistkompost: 40t/ha Patentkali: 1400kg/ha (1, 3, 4, 12)
Nachdüngung	-	-	-	Vinasse: 2200 kg / ha Biorga-N: 1300 kg /ha Hornspäne: 1100 kg /ha (1, 3, 4, 12)
Pflege				
Maschine	Traktor 60 PS, Gänsefuss-Scharhacke und Torsionshacke kombiniert, 2 Durchgänge (1, 4)	Striegeln und Fingerhacke kombiniert, 2 Durchgänge (1)	-	Hochleiten, Entgeizen, Entblättern, Stutzen; Elektrowägen auf Heizungsrohren
Jäten	selten	-	-	-

Pflanzenschutz				
Maschine	12m-Balken, 50 PS (4)	12m-Balken, 50 PS (4)	12m-Balken, 50 PS (4)	Motorspritze auf Karren, ART-Nr. 15033 (4, 15)
Mittel	Blattläuse: 2x Pyrethrum: jeweils 0.05%, 0.5l/ha gemischt mit 4l/ha Rapsöl 1x Natural (Kali- seife) 2%, 20l/ha Schnecken: 1x SluXX , 7kg/ha (4, 13)	Blattläuse: 2x Natural (Kaliseife) jeweils 2%, 20l/ha (4, 13)	Mehltau: 3x Armicarb, jeweils 0.5%, 5kg/ha Blattläuse: 2x Natural (Kaliseife) jeweils 2%, 20l/ha (4, 13)	Alternaria, etc.: 2x Microperl (40% Reinkupfer), jeweils 0.5%, Total 2.5kg/ha Mehltau: 4x Armicarb, jeweils 0.5%, 5kg/ha Blattläuse: 2x Natural (Kaliseife) jeweils 2%, 20l/ha 1x NeemAzal-T/S, 0.3%, 4.5l/ha (4, 13)
Nützlingseinsatz	-	-	-	Weisse Fliege: Macro- lophus (Raubwanzen), Blattläuse: Aphidius (4, 13)
Bewässerung				
Bewässerungstyp	Düsenwagen, ART-Nr. 6174 (4, 15)	-	Tröpfchenbewässerung, 1 Schlauch/Reihe, Total 10'000 m (4)	Tröpfchenbewässerung, 3 Tropfschläuche pro Doppelreihe, Total 30'000 m (4)
Menge Wasser	600m3/ha (4)	-	1'200m3/ha (1)	6'300m3/ha (1)
Wasserqualität	Trinkwasser	-	Trinkwasser	Trinkwasser
Ernte				
Maschine / von Hand	von Hand	Vollernter 0.5-1m breit (4)	von Hand	von Hand
Ernterückstände auf Feld (ober- und unterir- disch)	10t/ha, 20kg N/ha (1)	20t/ha, 80kg N/ha (1)	18t/ha, 70kg N/ha (1)	kaum Erntereste, Pflan- zen werden inkl. Wur- zeln entfernt
Erntewagen	Traktor mit An- hänger, 1km Distanz (4)	Traktor mit Anhänger, 1km Distanz (4)	Ausleger mit Traktor, 1km Distanz (4)	Elektro-Erntewägen, 1km Distanz (4)

4. Dokumentation Erträge

		Ertrag (kg/ha)	Berechnung	Kommentar
Kopfsalat	Standardverfahren	21	8 Pfl./m ² , 6 Pfl. werden geerntet, ein Salatkopf wiegt ø 350g, 6*350g = 2100g/m ² = 21t/ha	Berechnung von Martin Koller, FiBL
	ortoloco	22	280g/Kopf, 80% perfekt, 5% Ausfall, 15% halbes Gewicht (werden auch gegessen), 90'000 Salate/ha, 90'000*0.8*0.28kg = 20160kg, 90'000*0.15*0.14kg = 1890 kg, 20160+1890 = 22050 kg / ha = 22t/ha	ortoloco-Salate sind kleiner und leichter als die aus Standardverfahren, da jedoch weniger Salate auf dem Feld bleiben, ist der Ertrag im Total etwas grösser
	Brüederhof	23	350g / Kopf, 2/3 wird geerntet, 350g * 100'000 Pfl./ha * 2/3 = 23.333 t/ha	Angabe zu Salatkopf-Gewicht übernommen aus Standardverfahren
Buschbohnen	Standardverfahren	7	s. Quelle	
	ortoloco	5	Schätzung	bis jetzt eher schlechter Ertrag
	Brüederhof	7	Schätzung	übernommen aus Standardverfahren, da keine Ertragsdaten vorhanden
Zucchetti	Standardverfahren	35	s. Quelle	während der "Zucchettischwemme" werden nicht alle Früchte geerntet, viele bleiben auf dem Feld, darum relativ geringer Ertrag im Vgl. zu ortoloco
	ortoloco	50	Schätzung	es werden grössere Früchte geerntet und es findet keine Überschussproduktion statt (während der Zucchettischwemme werden Zucchetti eingemacht für den Winter)
	Brüederhof	35	Schätzung	übernommen aus Standardverfahren, da keine eigenen Ertragsdaten vorhanden
Tomaten	Standardverfahren	280	s. Quelle	sehr hoher Ertrag, lange Kulturzeit und beheizt
	ortoloco	50	Ernte 2011 war 1.8t auf 350m ² , entspricht 51.428 t /ha	geringer Ertrag, da viele PSR-Sorten (sortenabhängige Ertragsunterschiede)
	Brüederhof	100	Schätzung	abgeleitet vom Standardverfahren und von ortoloco, da keine eigenen Ertragsdaten vorhanden (nicht beheizte Kultur, zweitriebige Hohertragsorten)

5. Quellen

Nr.	Typ	Name
1	Buch	Ökologischer Gemüsebau – Handbuch für Beratung und Praxis, 2. überarbeitete Auflage, 2009, Eckhard George, Reyhaneh Eghbal (Hg.)
2	Excel-Programm	ProfiCost, Ausgabe 2013, Vollkosten und Deckungsbeiträge für den Anbau von Gemüse, SZG (Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen)
3	Merkblatt	Biologischer Anbau von Tomaten, 2005, Bioland, KÖN, FiBL
4	Experte	Martin Koller, Gemüsebau und Spezialkulturen, FiBL
5	Merkblatt	Sortenliste Biogemüse 2012/13, Ausgabe Schweiz, FiBL
6	Merkblatt	Biogemüsebau: Anzucht und Einsatz von Jungpflanzen, 2. Auflage 2001, FiBL
7	Paper	Supporting Information, Life Cycle Inventory and Carbon and Water Footprint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer, 2012, Franziska Stössel et al.
8	Fragebogen	ausgefüllt mit Seraina Sprecher, Gemüsegärtnerin ortoloco, bei Datenerhebung am 6. Mai 2013
9	Website	http://www.gvz-rossat.ch
10	Paper	Combined Heat and Power (CHP) as a Possible Method for Reduction of the CO2 Footprint of Organic Greenhouse Horticulture, 2011, Vermeulen et al.
11	Website	http://www.gaz-naturel.ch/fileadmin/customer/erdgasch/Data/Erdgas/Preise/umrechnungsfaktoren.pdf
12	Betriebsmittelliste	Hilfsstoffliste für den biologischen Landbau in der Schweiz, 2013, FiBL
13	Merkblatt	Pflanzenschutz 2013, Biocontrol Andermatt
14	Katalog	Saatgut Katalog 2012, Sativa
15	Katalog	Maschinenkosten 2012, ART
16	Untersuchung	Bohnengewicht-Messung, Martin Koller, FiBL
17	Interview	Angaben von Produzentin Rebekka Herzog
18	Daten	übernommen oder angepasst aus Standardverfahren, da keine eigenen Angaben vorhanden
19	Fragebogen	ausgefüllt mit Gerd Kessens, Gemüsegärtner Brüederhof, bei Datenerhebung am 7. Mai 2013
20	Gespräch	Betriebsleiter Biogas Zürich (Kompostierwerk), Hr. Feusi
21	Merkblatt	Kulturblätter Gemüse, Zentrum Ebenrain, Urs Streuli, Ing. agr. ETH

Anhang D – Neu modellierte Prozesse

Tabelle 3: In Simapro modellierte Prozesse, welche für diese Arbeit neu erstellt wurden.

Kategorie	Prozess	Einheit	Bemerkungen	Inputs (ecoinvent-Prozesse)	Menge	Einheit	Kommentar
Bodenbearbeitung	Beetfräse 1.8m U/CH	1 ha	Basiert auf Prozess "Hoeing/CH U"	Tractor, production/CH/I U	0.422	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Agricultural machinery, tillage, production/CH/I U	1.104	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Diesel, at regional storage/CH U	28.857	kg	eigene Berechnung gemäss Treibstoff-verbrauchberechnung von Matthias Meier, FiBL
				Shed/CH/I U	0.007	m2	übernommen von Prozess "Hoeing/CH U"
	Beetfräse 1.55m U/CH	1 ha	Basiert auf Prozess "Hoeing/CH U"	Tractor, production/CH/I U	0.422	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Agricultural machinery, tillage, production/CH/I U	0.958	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Diesel, at regional storage/CH U	29.166	kg	eigene Berechnung gemäss Treibstoff-verbrauchberechnung von Matthias Meier, FiBL
				Shed/CH/I U	0.007	m2	übernommen von Prozess "Hoeing/CH U"
	Beetfräse Agria 3700 U/CH	1 ha	Basiert auf Prozess "Hoeing/CH U"	Tractor, production/CH/I U	1.222	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Diesel, at regional storage/CH U	17.524	kg	eigene Berechnung gemäss Treibstoff-verbrauchberechnung von Matthias Meier, FiBL
				Shed/CH/I U	0.007	m2	übernommen von Prozess "Hoeing/CH U"
	Spatenmaschine 2m U/CH	1 ha	Basiert auf Prozess "Hoeing/CH U"	Tractor, production/CH/I U	0.626	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Agricultural machinery, tillage, production/CH/I U	1.723	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Diesel, at regional storage/CH U	29.871	kg	eigene Berechnung gemäss Treibstoff-verbrauchberechnung von Matthias Meier, FiBL
				Shed/CH/I U	0.007	m2	übernommen von Prozess "Hoeing/CH U"

Setzlingsproduktion (Düngung von Setzlingen wird bei Bilanzierung nicht berücksichtigt)	Setzling, Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf	1 Stück	Modellierung für Kopfsalat, Sommerkultur	Substrat mit Torf, ab Regionallager / CH U	49.920	g	Benötigte Menge: 128cm ³ , Dichte: 0.39kg/l (Quelle Ricoter)
				Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.006	g	0.5kg/ha Saatgut für 80'000 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
				Tap water, at user/CH U	0.500	kg	
				foli greenhouse with fundament/CH U	2.462	cm2a	4*4cm=16cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 4 Wochen, 4/52 a
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.010	tkm	Zukauf aus Schweiz, Distanz 100km, Annahme: Gewicht Setzling = doppeltes Gewicht von Substrat
	Setzling, Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf	1 Stück	Modellierung für Zucchetti, Sommerkultur	Substrat mit Torf, ab Regionallager / CH U	168.480	g	Benötigte Menge: 432cm ³ , Dichte: 0.39kg/l (Quelle Ricoter)
				Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.455	g	5kg/ha Saatgut für 11'000 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
				Tap water, at user/CH U	0.500	kg	
				foli greenhouse with fundament/CH U	4.154	cm2a	6*6cm=36cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 3 Wochen, 3/52 a
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.034	tkm	Zukauf aus Schweiz, Distanz 100km, Annahme: Gewicht Setzling = doppeltes Gewicht von Substrat
	Setzling, Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf	1 Stück	Modellierung für Tomaten, Langkultur	Substrat mit Torf, ab Regionallager / CH U	568.620	g	Benötigte Menge: 1458cm ³ , Dichte: 0.39kg/l (Quelle Ricoter)
				Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.016	g	0.2kg/ha Saatgut für 12'500 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
				Tap water, at user/CH U	1.000	kg	
				foli greenhouse with fundament/CH U	21.808	cm2a	9*9cm=81cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 7 Wochen, 7/52 a
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.910	tkm	Zukauf aus Holland, Distanz 800km, Annahme: Gewicht Setzling = doppeltes Gewicht von Substrat

Setzling, Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht	1 Stück	Modellierung für Kopfsalat, Sommerkultur	Quickpot Anzuchtschalen 54/CH U	0.001	p	10 Jahre Lebensdauer, 2 Verwendungen/Jahr
			Substrat ohne Torf, ab Regionallager / CH U	42.500	g	Benötigte Menge: 100cm ³ , Dichte: 0.425kg/l (Quelle Ricoter)
			Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.006	g	0.5kg/ha Saatgut für 80'000 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
			Tap water, at user/CH U	0.500	kg	
			foli greenhouse/CH U	2.462	cm ² a	4*4cm=16cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 4 Wochen, 4/52 a
Setzling, Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht	1 Stück	Modellierung für Zucchetti, Sommerkultur	Plastiktopf 8x8x7cm/CH U	0.100	p	Lebensdauer=10a
			Substrat ohne Torf, ab Regionallager / CH U	144.500	g	Benötigte Menge: 340cm ³ , Dichte: 0.425kg/l (Quelle Ricoter)
			Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.455	g	5kg/ha Saatgut für 11'000 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
			Tap water, at user/CH U	0.500	kg	
			foli greenhouse/CH U	4.154	cm ² a	6*6cm=36cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 3 Wochen, 3/52 a
Setzling, Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf	1 Stück	Modellierung für Tomaten, Kurzkultur	Plastiktopf 8x8x7cm/CH U	0.100	p	Lebensdauer=10a
			Substrat ohne Torf, ab Regionallager / CH U	340.000	g	Benötigte Menge: 800cm ³ , Dichte: 0.425kg/l (Quelle Ricoter)
			Rape seed organic, at regional storehouse/CH U	0.016	g	0.2kg/ha Saatgut für 12'500 Setzlinge/ha (Quelle Sativa)
			Tap water, at user/CH U	1.000	kg	
			foli greenhouse/CH U	22.154	cm ² a	8*8cm=64cm ² . Annahme: 50% der Fläche mit Setzlingen bedeckt. Dauer Anzucht 9 Wochen, 9/52 a
			Transport, van <3.5t/CH U	0.009	tkm	Distanz Hottwil-Dietikon: 35km, Annahme: Gewicht Setzling = doppeltes Substratgewicht
Substrat mit Torf, ab Regio-	1 kg	Zusammensetzung (vereinfacht): 65%	Peat, at mine/NORDEL U, changed (Boldrin)	0.650	kg	

	nallager / CH U		Torf, 25% Kompost, 10% Sand	Compost, at plant, überarbeitet Lea Egloff /CH U	0.250	kg	Dokumentation Prozess s. Abschnitt "Dünger"	
				Sand, at mine/CH U	0.100	kg		
				Transport, lorry >32t, EU-RO4/RER U	1.260	tkm		Transport Torf aus Baltikum, Entfernung 1800km
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.008	tkm		Transport Kompost, Annahme 30km
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.010	tkm		Transport Sand, Annahme 100km
	Peat, at mine/NORDEL U, changed (Boldrin)	1 kg	Simapro Torfprozess war unvollständig (Emissionen nur für Bergwerksbetrieb)	Carbon dioxide, fossil	0.969	kg	Quelle: Boldrin et al. (2010)	
				Methane	0.199	g		
				Nitrogen oxides	0.680	g		
				Dinitrogen monoxide	0.014	g		
				Carbon monoxide	0.198	g		
				Sulfur dioxide	0.038	g		
	VOC, volatile organic compounds	0.021	g	Quelle: Boldrin et al. (2010)				
	Substrat ohne Torf, ab Regionallager / CH U	1 kg	Zusammensetzung (vereinfacht): 50% Kompost, 50% Kokosnusssfasern	Compost, at plant, überarbeitet Lea Egloff /CH U	0.500	kg	Dokumentation Prozess s. Abschnitt "Dünger"	
				Husked nuts harvesting, at farm/PH U	0.500	kg		Massenallokation
				Transport, transoceanic tanker/OCE U	5.000	tkm		Distanz Philippinen-Holland: 10'000km (Transport Kokosnuss)
Transport, freight, rail/RER U				0.350	tkm	700 km Distanz Holland Schweiz (Transport Kokosnuss)		
Transport, lorry >28t, fleet average/CH U				0.050	tkm	100 km Lorry-Transport (Transport Kokosnuss)		
Transport, lorry >28t, fleet average/CH U				0.015	tkm	Transport Kompost, Annahme 30km		
Quickpot Anzuchtschalen 54/CH U	1 Stück	Gewicht: 0.45kg (Quelle GVZ)	Polystyrene, general purpose, GPPS, at plant/RER U	0.452	kg	1 kg of this process equals 0.996 kg of extruded plastic pipes		
			Extrusion, plastic pipes/RER U	0.452	kg			

			Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.045	tkm	100km Transport, s. Manual Plastics, Ch.9.7.1	
			Disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration/CH U	0.450	kg		
	Plastiktopf 8x8x7cm/CH U	1 Stück	Gewicht: 3.94g (eigene Messung)	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	3.956	g	
				Extrusion, plastic pipes/RER U	0.004	kg	1 kg of this process equals 0.996 kg of extruded plastic pipes
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.000	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1
				Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U	0.004	kg	
Saat / Pflanzung	Saat mit Sembdner/CH U	1 ha		Sembdner Handsämaschine	0.002	p	Annahme: Saat von 10ha/a, Lebensdauer Sembdner 50a
	Sembdner Handsämaschine	1 Stück	www.sembdner.com	Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U	20.000	kg	Quelle: Sembdner Maschinenbau, Datenblatt, Handsämaschine, Typ HS für die Drill- und Dibbelsaat
				Transport, freight, rail/RER U	2.000	tkm	ecoinvent report agriculture, ch. 6.2.3, 100 km rail-transport bei agricultural machinery
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	8.000	tkm	ecoinvent report agriculture, ch. 6.2.3, 400km lorry-transport bei agricultural machinery
	PE mulch foli/CH U	1 ha a	Mulchfolie schwarz 35my, LDPE, 31g/m2 (Quelle GVZ, pers. Tel.gespräch)	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U	317.623	kg	Gewicht Folie: 310kg/ha, Lebensdauer 1 Jahr
				Extrusion, plastic film/RER U	317.623	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	31.000	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1
Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U				310.000	kg		

	PE mulch foli black-white/CH U	1 ha a	Mulchfolie schwarzweiss 50my, LDPE, 44g/m2 (Quelle GVZ)	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U	450.820	kg	Gewicht Folie: 440kg/ha, Lebensdauer 1 Jahr
				Extrusion, plastic film/RER U	450.820	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	44.000	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1
				Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U	440.000	kg	
	biodegradable mulch foil mater-bi/CH U	1 ha a	Mater-Bi: 85% Maisstärke, 16g/m2 (Quelle GVZ)	Poly lactide, granulate, at plant/GLO U	163.934		Gewicht Folie: 116kg/ha, Lebensdauer 1 Jahr
				Extrusion, plastic film/RER U	163.934	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	16.000	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1
	Woven fabric/CH U	1 ha a	Bändchengewebe PP, 100 gr./m ² , 20 Jahre (Quelle GVZ)	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	51.230	kg	Gewicht Folie: 1000kg/ha, Lebensdauer 20 Jahre
				Extrusion, plastic film/RER U	51.230	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	5.000	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1, Lebensdauer Materialien berücksichtigt
				Disposal, polypropylene, 15.9% water, to municipal incineration/CH U	50.000	kg	Lebensdauer Materialien berücksichtigt
	Gewächshaus	foli greenhouse/CH U	1 ha a	5m breit, 50m lang, 23kg verzinkter Stahl pro 2m Tunnelänge (Rohre und Erdanker)	Galvanized steel sheet, at plant/RNA	1.150	t
Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U					811.134	kg	Gewicht Folie: 4750kg (Quelle Lieferschein Folie ortoloco), Lebensdauer 6 Jahre
Extrusion, plastic film/RER U					811.134	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film

			Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	80.317	tkm	Annahme: 100km, Lebensdauer Materialien berücksichtigt.
			Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U	792.000	kg	Lebensdauer Materialien berücksichtigt
foli greenhouse with fundament/CH U	1 ha a	5m breit, 50m lang, 23kg verzinkter Stahl pro 2m Tunnelänge (Rohre und Erdanker)	Galvanized steel sheet, at plant/RNA	1.150	t	Gewicht Stahl: 23t/ha, Lebensdauer Tunnelgerüst: 20 Jahre, Annahme: Stahl wird recycelt
			Concrete, normal, at plant/CH U	0.471	m3	Beton: alle 2 Meter ein Punktfundament, ø 30cm, Tiefe 100cm, für 1 Hektare 9.425m3 Beton (Quelle GVZ)
			Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U	1622.268	kg	Gewicht Einfach-Folie: 4750kg (Quelle Lieferschein Folie ortoloco), Lebensdauer 6 Jahre. Hier Doppelfolie
			Extrusion, plastic film/RER U	1622.268	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
			Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	159.681	tkm	Annahme: 100km, Lebensdauer Materialien berücksichtigt.
			Disposal, building, concrete, not reinforced, to sorting plant/CH U	198.000	kg	Lebensdauer Materialien berücksichtigt
			Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U	1580.000	kg	Lebensdauer Materialien berücksichtigt
			Venlo greenhouse/CH U	1 ha a	Lebensdauer Gewächshaus: 20 Jahre. Materialmengen Quelle: Vermeulen et al. (2011)	Concrete, normal, at plant/CH U
Aluminium, primary, at plant/RER U	1.850	t				Menge Alu: 37t
Galvanized steel sheet, at plant/RNA	9.800	t				Menge Stahl: 196t
Flat glass, uncoated, at plant/RER U	5.950	t				Menge Glas: 119t
Transport, freight, rail/RER U	4182.100	tkm				origin Netherlands, 700km distance

				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	612.100	tkm	last 100km by lorry
				Disposal, building, concrete, not reinforced, to sorting plant/CH U	5450.000	kg	Lebensdauer Materialien berücksichtigt
Düngung	Mistkompost, Rindermist / CH U (Amon)	1 kg	Amon: oft verwendete, aber etwas veraltete Literatur.	Diesel, at regional storage/CH U	2.680	g	kopiert von Compost, at plant/CH U
				Tractor, production/CH/I U	0.028	g	Traktor, 70 PS
				Agricultural machinery, general, production/CH/I U	0.245	g	Kompostwendemaschine, 2000kg (CMC ST 300)
				Kompostvlies / CH U	0.089	g	Annahme: 2.25m3 Kompost / m2 Boden, Dichte 600kg/m3 (Quelle Tel. Ricoter), Annahme: 3m2 Vlies pro 1m2 Boden, 1350kg Kompost pro m2 Vlies
				Methane	0.417	g	Amon (1998)
				Carbon dioxide, biogenic	0.605	kg	Hao et al. (2004)
				Ammonia	0.487	g	Amon (1998)
				Dinitrogen monoxide	0.042	g	Amon (1998)
				Carbon monoxide, fossil	0.128	g	kopiert von Compost, at plant/CH U
				Carbon dioxide, fossil	8.430	g	kopiert von Compost, at plant/CH U
	Nitrogen oxides	0.453	g	kopiert von Compost, at plant/CH U			
	Hydrogen sulfide	0.528	g	kopiert von Compost, at plant/CH U			
	Mistkompost, Rindermist / CH U (Hao)	1 kg	Hao: neuere Daten als die von Amon, vergleichbar mit Bedingungen in der Schweiz (Untersuchung in Kanada von 99 Tage altem Mistkompost aus Rindergülle, Kompostierung in offenen Mieten)	Diesel, at regional storage/CH U	2.680	g	kopiert von Compost, at plant/CH U
				Tractor, production/CH/I U	0.028	g	Traktor, 70 PS
				Agricultural machinery, general, production/CH/I U	0.245	g	Kompostwendemaschine, 2000kg (CMC ST 300)
				Kompostvlies / CH U	0.089	g	Annahme: 2.25m3 Kompost / m2 Boden, Dichte 600kg/m3 (Quelle Tel. Ricoter), Annahme: 3m2 Vlies pro 1m2 Boden, 1350kg Kompost pro m2 Vlies
				Methane	11.893	g	Hao et al. (2004)
				Carbon dioxide, biogenic	0.605	kg	Hao et al. (2004)
				Ammonia	5.810	g	Hao et al. (2004)

			Dinitrogen monoxide	0.121	g	Hao et al. (2004)		
			Carbon monoxide, fossil	0.128	g	kopiert von Compost, at plant/CH U		
			Carbon dioxide, fossil	8.430	g	kopiert von Compost, at plant/CH U		
			Nitrogen oxides	0.453	g	kopiert von Compost, at plant/CH U		
			Hydrogen sulfide	0.528	g	kopiert von Compost, at plant/CH U		
	Kompostvlies / CH U	1 kg	200g/m ² , 150 my, PP, 5 Jahre Lebensdauer (Quelle GVZ)	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	1.025	kg		
				Extrusion, plastic film/RER U	1.025	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film	
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.100	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1	
				Disposal, polypropylene, 15.9% water, to municipal incineration/CH U	1.000	kg		
	Compost, at plant, überarbeitet Lea Egloff /CH U	1 kg	Basiert auf Prozess "Compost, at plant/CH U", welcher auf Edelman&Schleiss (1999) beruht. Die Emissionswerte waren veraltet und werden deshalb angepasst gemäss der Studie von Andersen & Boldrin (2010)	Methane, biogenic	4.718	g	Andersen & Boldrin (2010)	
				Electricity, low voltage, at grid/CH U	0.000	kWh	Unklar, warum in Simapro-Kompost so hoher Stromverbrauch (0.0118 kWh/kg Kompost), keine exakten Quellen vorhanden. Modellierter Kompost wird nicht geheizt, lediglich etwas Stromverbrauch für Licht, deshalb auf 0 gesetzt.	
				Carbon monoxide, fossil	0.644	g	Andersen & Boldrin (2010)	
				Carbon dioxide, biogenic	0.610	kg	Andersen & Boldrin (2010)	
				Ammonia	0.269	g	Andersen & Boldrin (2010)	
				Dinitrogen monoxide	0.139	g	Andersen & Boldrin (2010)	
	Pflanzenschutz (Nützlingseinsatz wird nicht berücksichtigt)	Sluux, at regional storehouse/ CH	1 kg	Basiert auf Prozess "Copper pesticide, at regional storehouse/ CH" von Christina Sander	Pig iron, at plant/GLO U	0.011	kg	Verhältnis molare Masse Fe:PO4 = 37%:63%, 3%*37%=0.011kg
					Phosphate rock, as P2O5, beneficiated, dry, at plant/MA S	0.019	kg	Verhältnis molare Masse Fe:PO4 = 37%:63%, 3%*63%=0.019kg
					Transport, freight, rail/CH U	0.600	tkm	600 km standard Distance (Chapt. 15, p.103)
					Transport, lorry >16t, fleet average/RER U	0.050	tkm	50 km standard Distance (Chapt. 15, p.103)

	Microperl, at regional storehouse/ CH	1 kg	Prozess übernommen von Christina Sander (Masterarbeit LCA Apfel, FiBL)				
	Armicarb, at regional storage/CH U	1 kg	Prozess übernommen von Christina Sander (Masterarbeit LCA Apfel, FiBL)				
	Neem Azal T/S, at regional storehouse/CH U	1 kg	Prozess übernommen von Christina Sander (Masterarbeit LCA Apfel, FiBL)				
Bewässerung	Tropfschlauch, 100m/CH U	100 m	LDPE, ø 14.5mm, Wandstärke 0.2mm, 1 Jahr Lebensdauer, (Quelle GVZ)	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER U	0.858	kg	Dichte: 0.92g/cm3 (Quelle: Substech), 100m Schlauch = 910cm3 = 0.8372kg
				Extrusion, plastic pipes/RER U	0.858	kg	1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film
				Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	0.084	tkm	100 km Transport, Ecoinvent-Report Plastics, Chapter 9.7.1
				Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH U	0.837	kg	
Ernte	Vollernter 1m U/CH	1 ha	Basiert auf Prozess "Hoeing/CH U"	Tractor, production/CH/I U	0.626	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3
				Agricultural machinery, tillage, production/CH/I U	8.333	kg	eigene Berechnung gemäss ecoinvent-report No.15, agricultural machinery, Ch. 7.2.3

			Diesel, at regional storage/CH U	36.783	kg	eigene Berechnung gemäss Treibstoffverbrauchberechnung von Matthias Meier, FiBL
			Shed/CH/I U	0.007	m2	übernommen von Prozess "Hoeing/CH U"
Erntetransport mit Erntewagen/CH U	1 ha		Erntewagen GVZ /CH U	0.005	p	Annahme: Ernte von 10 ha pro Jahr, Lebensdauer 20 Jahre
Erntewagen GVZ /CH U	1 Stück	Quelle: GVZ (2013)	Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U	14.000	kg	
			Transport, freight, rail/RER U	1.400	tkm	ecoinvent-report agriculture, chapter 6.2.3, besagt 100 km rail-transport bei agricultural machinery
			Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	5.600	tkm	ecoinvent-report agriculture, chapter 6.2.3, besagt 400km lorry-transport bei agricultural machinery

Quellen:

- Amon (1998): NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen aus der Festmistabdehnung für Milchvieh, Stall - Lagerung - Ausbringung
- Andersen et al. (2010): Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Windrow Composting of Garden Waste
- Boldrin et al. (2010): Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation
- Edelmann & Schleiss (1999): Ökologischer, energetischer und ökonomischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe
- GVZ (2013): Persönliches Telefongespräch mit Mitarbeiter von GVZ und Abruf von Daten auf Website <http://www.gvz-rossat.ch/>
- Hao et al. (2004): Carbon, Nitrogen Balances and Greenhouse Gas Emission during Cattle Feedlot Manure Composting
- Substech (2013): http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=thermoplastic_low_density_polyethylene_ldpe
- Vermeulen et al. (2011): Combined Heat and Power (CHP) as a Possible Method for Reduction of the CO₂ Footprint of Organic Greenhouse Horticulture

Anhang E – Werte für Energie- und Klimabilanz

Tabelle 4: Werte für den Energieverbrauch (Energieverbrauch (CED 1.08) [in MJ]) und die Klimagasemissionen (EF Klima (IPCC 2007 GWP 100a) [in kg CO2 eq]), welche mit Simapro für die Prozesse gerechnet wurden.

Nr.	Prozess_Ecoinvent	Massnahme_Stichwort	U=unit process, S=System process	Einheit	Energieverbrauch (CED 1.08) [in MJ]	EF Klima (IPCC 2007 GWP 100a) [in kg CO2 eq]	Quelle / Annahme
Bodenbearbeitung							
1	Tillage, harrowing, by rotary harrow/CH U	Kreiselegge, 3m	U	ha	978.88	62.33	
2	Tillage, ploughing/CH U_Frick_trial (3-Schar)	Pflug, 3-Schar-	U	ha	2'179.56	122.35	
3	Beetfräse 1.8m U/CH	Beetfräse, Arbeitsbreite 1.80m (ART-Nr. 15001)	U	ha	1'738.46	116.89	
4	Beetfräse 1.55m U/CH	Beetfräse, Arbeitsbreite 1.55m	U	ha	1'743.96	117.40	
5	Beetfräse Agria 3700 U/CH	Bodenfräse, Agria 3700, Arbeitsbreite 1m	U	ha	1'130.05	74.41	
6	Spatenmaschine 2m U/CH	Spatenmaschine, Arbeitsbreite 2m (ART-Nr. 4006)	U	ha	1'868.58	124.66	
7		Spaten von Hand		ha	0	0	
Saatgut							
8	Pea seed organic, at regional storehouse/CH U	Erbsen-Saatgut Bio	U	kg	6.18	1.01	
9	Transport, van <3.5t/CH U	Transport, Lastwagen <3.5t	U	tkm	25.60	1.51	15km von Regionallager bis Hof (Quelle: ecoinvent-report Nr. 15, Tab. 14.8)

	Setzlingsproduktion						Nur ca. 90% der produzierten Setzlinge werden letztendlich gepflanzt. Dies wird bei der Berechnung der Energie- und Klimawerte in Simapro berücksichtigt.
10	Setzling, Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf	Erdpresstopf, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, Zukauf	U	p	0.49	0.05	
11	Setzling, Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf	Erdpresstopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, Zukauf	U	p	1.65	0.16	
12	Setzling, Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf	Erdpresstopf, 9x9x9cm, geheizt, 7 Wo, Zukauf	U	p	8.29	0.65	
13	Setzling, Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht	Quickpot, 4x4x4cm, ungeheizt, 4 Wo, eigene Anzucht	U	p	0.10	0.01	
14	Setzling, Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht	Plastiktopf, 6x6x6cm, ungeheizt, 3 Wo, eigene Anzucht	U	p	0.22	0.03	
15	Setzling, Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf	Plastiktopf, 8x8x8cm, ungeheizt, 9 Wo, Zukauf	U	p	0.72	0.07	
	Saat/Pflanzung						
16	Sowing/CH U	Säen (Drillsaat), 3m Arbeitsbreite	U	ha	364.17	22.71	
17	Saat mit Sembdner/CH U	Saat mit Sembdner Handsämaschine	U	ha	0.38	0.02	
18	Planting/CH U	Pflanzen	U	ha	1'613.60	98.29	
19		Pflanzen von Hand		ha	0	0	
20	PE mulch foli/CH U	PE-Folie, 1-jährig	U	ha a	27'914.52	1'765.59	
21	PE mulch foli black-white/CH U	PE-Folie, schwarz-weiss (Tomaten)	U	ha a	39'620.61	2'506.00	
22	biodegradable mulch foil mater-bi/CH U	Mulchfolie, biologisch abbaubar	U	ha a	10'066.03	598.98	
23	Woven fabric/CH U	Bändchengewebe, Lebensdauer 20 Jahre	U	ha a	4'318.31	255.31	

	Gewächshaus						Recyclierung von Stahl und Aluminium wird nicht berücksichtigt, daher eher konservative Modellierung.
24	foli greenhouse/CH U	Folientunnel mit PE-Einfachfolie	U	ha mt	8'755.81	635.30	
25	foli greenhouse with fundament/CH U	Folienhaus mit Fundament mit PE-Doppelfolie	U	ha mt	14'752.13	1'020.46	
26	Venlo greenhouse/CH U	Venlo-Glashaus	U	ha mt	55'577.14	4'659.37	
27	Natural gas, at long-distance pipeline/CH U	Heizung, Erdgas	U	m3	42.58	0.37	
	Düngung						
28	Fertilising, by broadcaster/CH U	Mineraldüngerstreuer, 500L	U	ha	397.72	25.31	
29	Horn meal, at regional storehouse/CH U	Biorga-Dünger (Hauptbestandteil ist Hornmehl)	U	kg	4.80	0.29	
30	Mistkompost, Rindermist / CH U (Hao)	Mistkompost, Rind (Hao)	U	kg	0.18	0.34	
31	Compost, at plant, überarbeitet Lea Egloff /CH U	Kompost, Grüngut, Biogas-Gärwerk Zürich	U	kg	0.42	0.17	
32	Transport, lorry 3.5-20t, fleet average/CH U	Transport Kompost zum Hof	U	tkm	4.59	0.28	Distanz Biogas Zürich - ortoloco: 9km Distanz Compogas Otelfingen - Brüderhof: 5km Mittel (Retour): 2 x 7 = 14km
33	Vinasse, at regional storehouse/CH U	Vinasse	U	kg	0.21	0.02	
34		Biosol	U	kg	0	0	Abfallprodukt der Pharmaindustrie, Energie- und Klimabilanz kann deshalb vernachlässigt werden.
35	Potassium sulphate, as K2O, at regional storehouse/RER U	Patentkali=Kalimagnesia (30% K2O, 6% Mg, 17% Schwefel)	U	kg K2O	23.62	1.44	kein Datensatz für Patentkali in Ecoinvent vorhanden
	Pflege						
36	Hoeing/CH U	Hacken	U	ha	324.47	20.48	
37	Tillage, hoeing and earthing-up, potatoes/CH U	Hacken und Häufeln	U	ha	348.27	21.97	

Pflanzenschutz							
38	Fertilising, by broadcaster/CH U	Mineraldüngerstreuer, 500L	U	ha	397.72	25.31	für Streuung von Schneckenkörnern
39	Application of plant protection products, by field sprayer/CH U	Feldspritze, 15m	U	ha	178.57	10.97	
40	Pyrethroid-compounds, at regional storehouse/CH U	Pyrethroid-Verbindungen	U	kg	343.50	16.44	
41	Rape oil, at regional storage/CH U	Rapsöl	U	kg	14.70	1.91	Dichte: 0.915kg/l, Quelle: DIN 51605
42	Soap, at plant/RER U	Kaliseife, Natural	U	kg	19.99	1.67	Seifenprozess enthält Palmöl, deshalb wird "non-renewable biomass" hinzuge-rechnet.
43	Sluxx, at regional storehouse/ CH	Sluxx Schneckenkörner	U	kg	0.77	0.08	
44	Microperl, at regional storehouse/ CH	Microperl (40% Reinkupfer)	U	kg	12.82	0.83	
45	Armcarb, at regional storage/CH U	Armcarb (Fungizid)	U	kg	38.90	2.25	
46	Neem Azal T/S, at regional storehouse/CH U	Neem-Azal	U	kg	0.07	0.00	
Bewässerung							
47	Irrigating/m3/CH U	Bewässerung	U	m3	10.35	0.26	
48	Tropfschlauch, 100m/CH U	Tropfschlauch, für 1m	U	m	0.74	0.05	
49	Tap water, at user/CH U	Trinkwasser	U	m3	5.04	0.17	
Ernte							
50	Vollernter 1m U/CH	Vollernter, Buschbohnen	U	ha	2'768.05	179.69	
51	Erntetransport mit Erntewagen/CH U	Erntewagen, GVZ	U	ha	0.67	0.03	
Transport Feld-Hof							
52	Transport, tractor and trailer/CH U	Traktor und Pneuwagen, je 8t	U	tkm	4.88	0.31	Standarddistanz Acker-Hof: 1km

Alle Werte in der folgenden Tabelle 5 gelten für die Produktion der Kultur auf einer Fläche von einer Hektare. Die Nummern in der ersten Spalte entsprechen den Nummern und somit den Prozessen aus Tabelle 4.

Tabelle 5: Aus den Fragebögen übertragene Werte der verschiedenen Anbauverfahren. Alle Werte gelten für die Produktion der Kultur auf einer Fläche von einer Hektare. Die Nummern in der ersten Spalte entsprechen den Nummern und somit den Prozessen aus der Tabelle 4.

Nr.	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchini	Tomaten	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchini	Tomaten	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchini	Tomaten		
Standardverfahren					ortoloco					Brüederhof				
1		1												
2		1	1											
3	1		1	1										
4														
5					1		1	1						
6				1										
7						1								
8		416				140				80				
9		6.24				2.1				1.2				
10	80'000								100'000					
11			11'000								10'000			
12				12'500								12'500		
13					90'000									
14							13'000							
15								16'000						
16		1												
17						1				1				
18	1		1											
19				1	1		1	1	1					
20									1		1	0		
21				1								0		
22			1									0		
23								1				1		

24									4.5				
25													4.5
26													
27													
28	1	1	1										
29	700			1'000	2'400								
30				20'000	40'000								
31	10'800	10'800						20'000	20'000	20'000		20'000	20'000
32	151.2	151.2						360	360	200		200	200
33													
34												600	1'200
35													
36	2	2											
37												1	
38	1												
39	2	2		3	4								
40	1												
41	3.66												
42	20	40		40	40								
43	7							3	3				
44													2.5
45				15	20								
46													4.5
47	600									200	50	600	
48				10'000	30'000				10'000				10'000
49				1'200	6'300				1'400				4'600
50				1									
51										1	1	1	1
52	21	7		35	280								

Anhang F – Werte für Lachgasmodell

Tabelle 6: Düngerwerte (N_{tot} und $N_{\text{lös}}$, welche für die Lachgasmodellierung verwendet werden.

	N_{tot}	$N_{\text{lös}}$	Einheit
Hornmehl	0.13	0.0325	kg/kg Hornmehl
Hühnermist	12	3.6	kg/t Mist
Biosol	0.07	0	kg/kg Biosol
Mistkompost, Rind (Hao)	0.006	0.0016	kg/kg Kompost
Kompost, Grüngut, Biogas-Gärwerk Zürich	0.0054	0.0001	kg/kg Kompost
Vinasse	0.07	0	kg/kg Vinasse

Tabelle 7: Werte für Trockenmasse und Stickstoffgehalt des Ernteguts und der Ernterückstände, welche für die Lachgasmodellierung verwendet werden.

Kultur	Erntegut			Ernterückstände			Berechnungen		
	Frischmasse Mittel (t/ha)	TS %	N (kg/t)	Frischmasse Mittel (t/ha)	TS %	N (kg/t)	Erntegut TS N-Gehalt (kg N/t)	Ernterückstände TS N-Gehalt (kg N/t)	Ernterückstände oberirdisch netto (kg/t Erntegut TS)
Kopfsalat (1)	50	5	1.8	10	5	1.8	36.00	36.00	200.00
Buschbohnen (1)	12	8	2.5	22	18	4	31.25	22.22	1'833.33
Zucchetti (1)	65	5	1.6	55	8	3	32.00	37.50	846.15
Tomaten (2, 3)	-	6	2.2	0	-	-	36.67	-	0.00

Quellen:

- 1: Feller, C. et al.: Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink, M. (Hrsg.): Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ). 3. Auflage. Heft 4, Großbeeren 2011, ISBN 1437-3394, http://www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf
- 2: <http://mlu.mw.tu-dresden.de/module/m017/strukturell/wasser.htm>
- 3: <http://www.buzer.de/gesetz/7627/a149222.htm>

Anhang G – Resultate

Tabelle 8: Energiebilanz des Anbauverfahrens von ortoloco, Energieverbrauch pro Produktmenge (MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.051	0.000	0.023	0.023
Saat/Pflanzung	0.408	0.184	0.057	0.317
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	0.788
Düngung	0.000	0.000	0.200	0.200
Pflege	0.000	0.000	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.000	0.000	0.000	0.000
Bewässerung	0.000	0.000	0.000	0.288
Ernte	0.000	0.000	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.460	0.184	0.280	1.616

Tabelle 9: Energiebilanz des Anbauverfahrens des Brüederhofs, Energieverbrauch pro Produktmenge(MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.076	0.249	0.050	0.011
Saat/Pflanzung	3.353	0.131	1.269	1.079
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	0.664
Düngung	0.403	0.000	0.268	0.095
Pflege	0.000	0.050	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.000	0.000	0.000	0.000
Bewässerung	0.090	0.074	0.177	0.305
Ernte	0.000	0.000	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.922	0.504	1.764	2.154

Tabelle 10: Energiebilanz des Standardverfahrens, Energieverbrauch pro Produktmenge(MJ/kg). Die fett markierten Zahlen in den bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.083	0.451	0.112	0.013
Saat/Pflanzung	1.952	0.183	0.853	0.511
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	20.549
Düngung	0.427	0.800	0.249	0.103
Pflege	0.031	0.093	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.074	0.165	0.055	0.008
Bewässerung	0.296	0.000	0.383	0.192
Ernte	0.000	0.395	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.005	0.005	0.005	0.005
Total	2.867	2.092	1.656	21.382

Tabelle 11: Klimabilanz des Anbauverfahrens von ortoloco, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO2 eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.003	0.000	0.001	0.001
Saat/Pflanzung	0.041	0.029	0.007	0.028
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	0.057
Düngung	0.000	0.000	0.070	0.070
Pflege	0.000	0.000	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.000	0.000	0.000	0.000
Bewässerung	0.000	0.000	0.000	0.014
Ernte	0.000	0.000	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.000	0.000	0.000	0.000
N ₂ O-Emissionen	0.008	0.013	0.020	0.014
Total	0.052	0.042	0.098	0.184

Tabelle 12: Klimabilanz des Anbauverfahrens des Brüederhofs, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO2 eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.005	0.017	0.003	0.001
Saat/Pflanzung	0.282	0.021	0.096	0.083
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	0.046
Düngung	0.149	0.000	0.099	0.035
Pflege	0.000	0.003	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.000	0.000	0.000	0.000
Bewässerung	0.002	0.002	0.004	0.012
Ernte	0.000	0.000	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.000	0.000	0.000	0.000
N ₂ O-Emissionen	0.026	0.020	0.027	0.015
Total	0.465	0.062	0.229	0.192

Tabelle 13: Klimabilanz des Standardverfahrens, Klimawirkung pro Produktmenge(kg CO2 eq / kg). Die fett markierten Zahlen bezeichnen bei jeder Kultur die Kategorie mit dem höchsten Wert.

Kategorie	Kopfsalat	Buschbohnen	Zucchetti	Tomaten
Bodenbearbeitung	0.006	0.026	0.007	0.001
Saat/Pflanzung	0.185	0.024	0.070	0.038
Gewächshaus	0.000	0.000	0.000	0.281
Düngung	0.100	0.270	0.206	0.054
Pflege	0.002	0.006	0.000	0.000
Pflanzenschutz	0.005	0.013	0.004	0.001
Bewässerung	0.007	0.000	0.019	0.009
Ernte	0.000	0.026	0.000	0.000
Transport Feld - Hof	0.000	0.000	0.000	0.000
N ₂ O-Emissionen	0.038	0.048	0.041	0.017
Total	0.342	0.414	0.347	0.400

Anhang H – Zitierte Grafiken

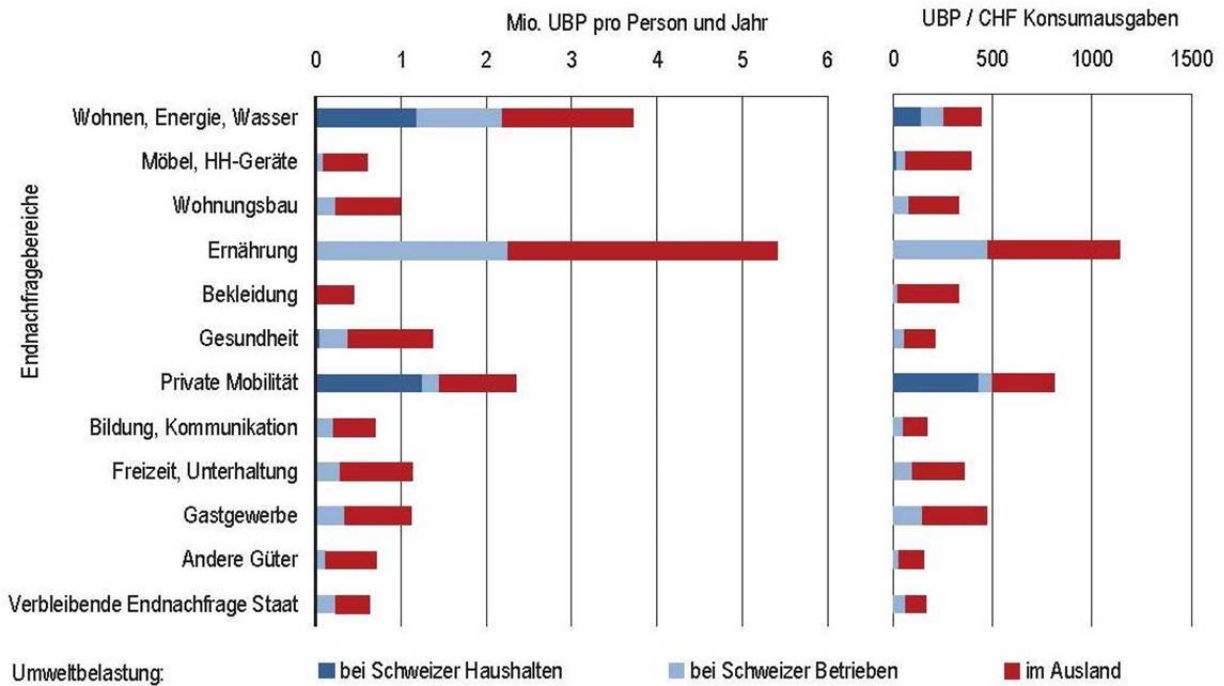


Abbildung 25: Umweltbelastung der verschiedenen Konsumbereiche (links, UBP pro Person im Jahr 2005) und Umweltintensität der verschiedenen Konsumbereiche (rechts, UBP pro CHF im Jahr 2005) in der Schweiz. Quelle: Jungluth und Itten (2012), S. 23

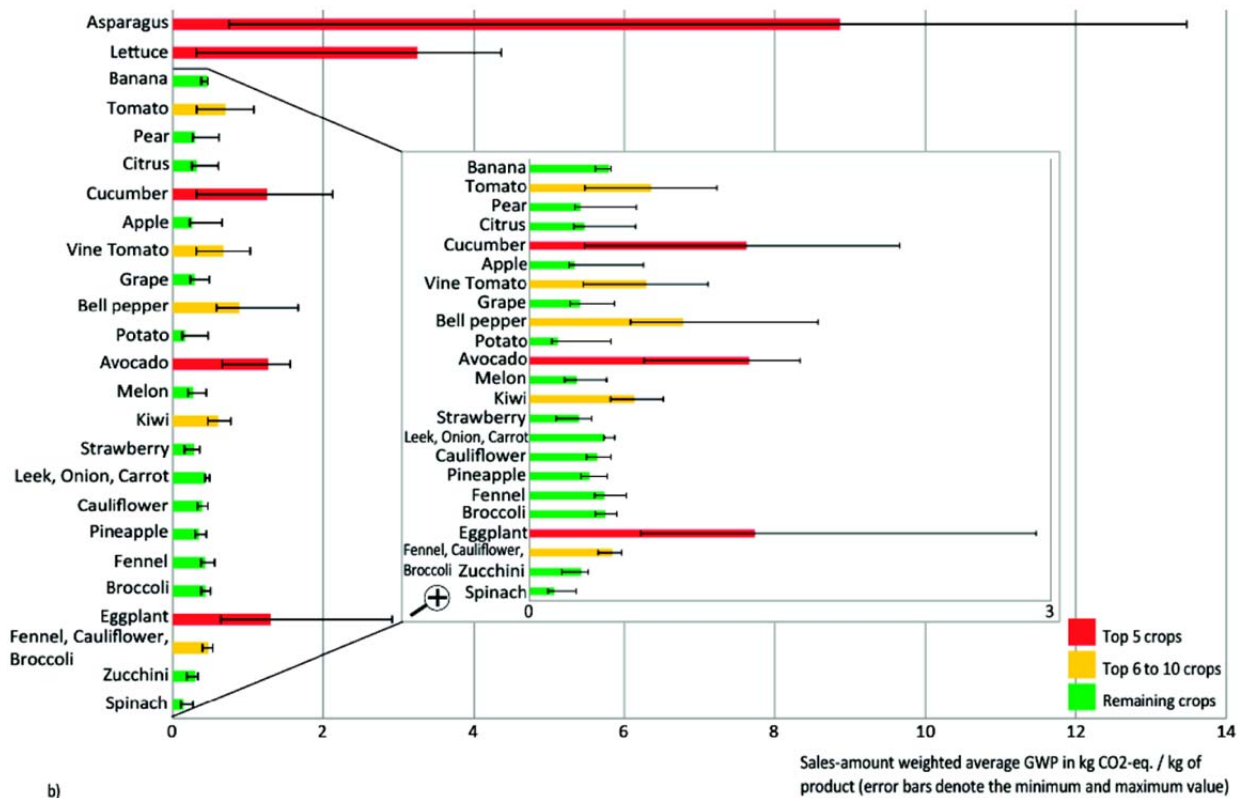


Abbildung 26: Relatives Treibhauspotenzial (GWP) pro Produktmenge. Quelle: (Stoessel et al., 2012), S. 3257

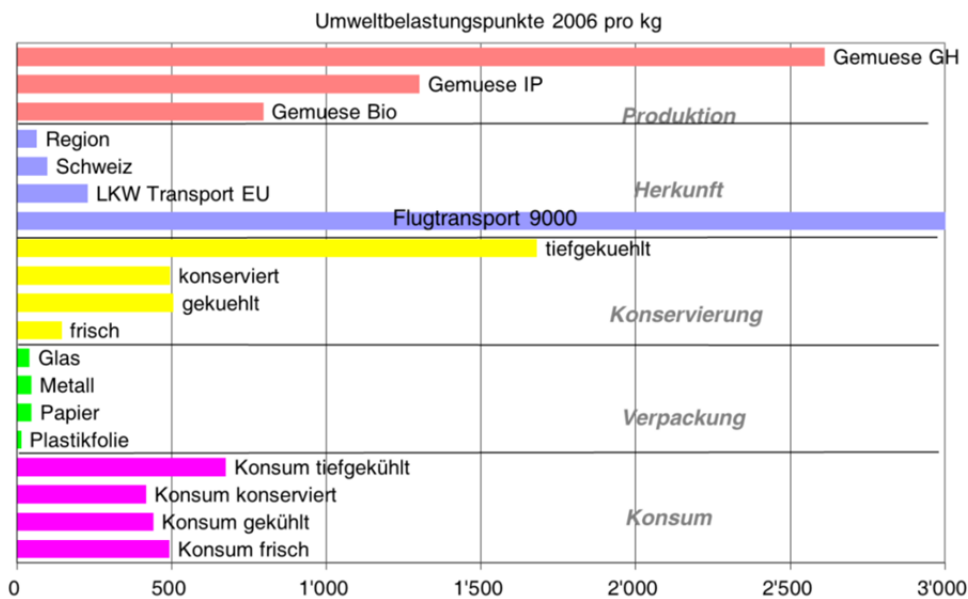


Abbildung 27: Umweltbelastungspunkte der Produktionsanteile pro kg Gemüseeinkauf. GH = Gewächshaus, IP = Integrierte Produktion. Quelle: (Jungbluth und Itten, 2012), S. 41

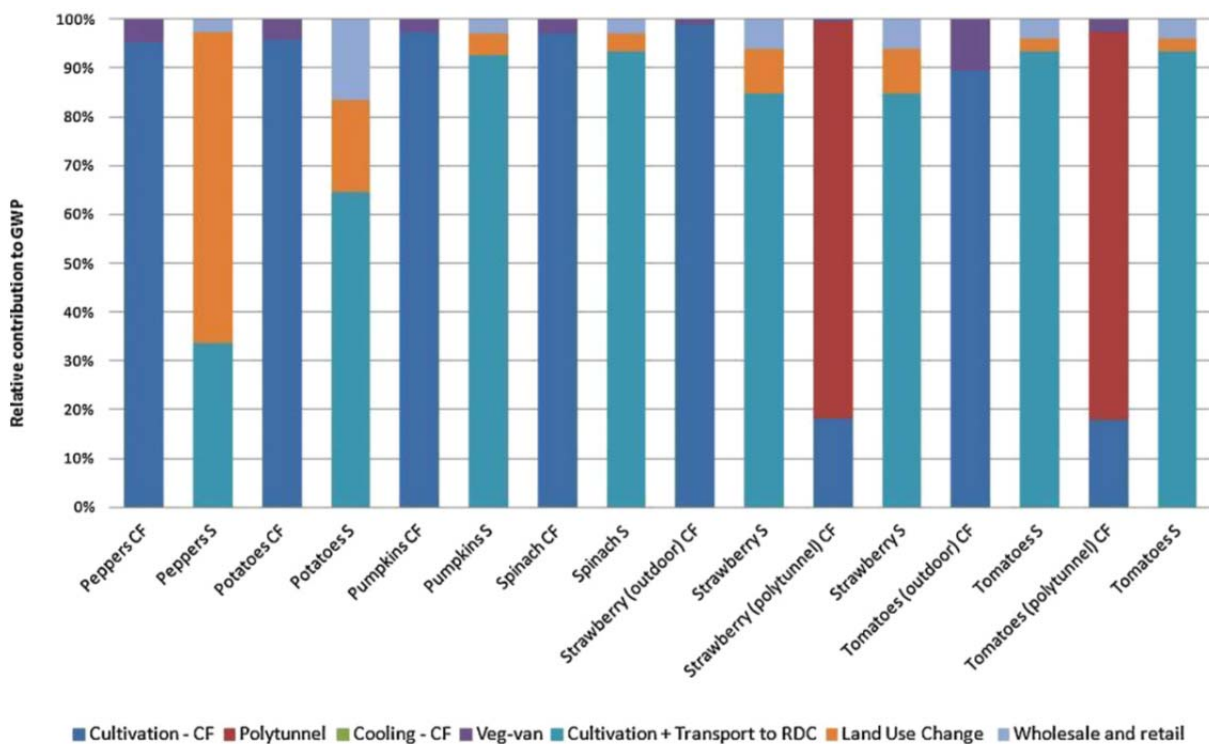


Abbildung 28: Relativer Beitrag der Produktionsprozesse zum Treibhauspotenzial (GWP), CF = community farm, S = conventional food supply system. Quelle: (Kulak, Graves et al., 2013), S. 74