

Ökologische Nachhaltigkeit des Ernährungssystems der Stadt Bern

Ein Life Cycle Assessment von Weissmehl und Rapsöl.
Einzelhandel und Unverpackt-Läden im Vergleich.

Bachelorarbeit in Integrativer Geografie
Universität Bern, philosophisch- naturwissenschaftliche Fakultät



Niklaus Wildisen
15-114-655
niklaus.wildisen@students.unibe.ch
Leitung: Prof. Dr. Stephan Rist
Co-Leitung: Prof. Dr. Chinwe Ifejika Speranza
Bern, 23.1.2019
Titelbild: Unverpackt-Laden Palette © baerner-meitschi.ch

Vorwort

Das Verfassen dieser Arbeit und die damit verbundenen Auseinandersetzung mit der Produktion von Nahrungsmittel im Kontext der Ernährungsnachhaltigkeit habe ich als äusserst lehrreiche Zeit erlebt, nicht nur was die Inhaltliche Dimension betrifft, sondern auch das methodische Vorgehen, von der Datengewinnung bis hin zur Diskussion der Ergebnisse.

An der Stelle möchte ich allen an dieser Arbeit beteiligten Menschen danken, sie haben diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht. Meine Kontaktpersonen der Palette, dem Gmüsesesel, der Swissmill und der Mühle Schönbühl. Ich habe von ihnen Auskünfte über (fast) alle meine Fragen bekommen.

Ein spezieller Dank geht an Professor Stephan Rist und Professorin Chinwe Ifejika Speranza des Centre for Development and Environment (CDE) und der Universität Bern für ihre Betreuung, die anregenden Diskussionen, Verbesserungsvorschläge und ihre hilfreichen Ratschläge.

Abstract

Die Ernährung trägt einen entscheidenden Beitrag zur Umweltbelastung unseres Konsums bei, in der Schweiz rund ein Drittel. Unverpackt-Läden können als eine Reaktion auf diese Erkenntnis begriffen werden. Bei der Auswahl ihrer Produkte achten sie insbesondere auf die Regionalität, die Saisonalität und die Anbauweise. Um die negativen Auswirkungen auf die Umwelt weiter zu reduzieren, werden die Produkte unverpackt angeboten. Um die Ernährung innerhalb der Stadt Bern zu untersuchen, bedient sich diese Arbeit unter anderem der Theorie der Ernährungssysteme und der Ernährungsnachhaltigkeit. Mittels einer Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment) von Weissmehl und Rapsöl wird exemplarisch das Potenzial von Unverpackt-Läden in Bezug auf die Reduktion der Umweltbelastung untersucht. Die untersuchten Umweltbelastungen sind der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien und die Emission von CO₂. Es konnte gezeigt werden, dass die untersuchten Wertschöpfungsketten von Unverpackt-Läden, im Vergleich zu den untersuchten Wertschöpfungsketten von Coop, bzw. der Migros, in der Summe in beiden Fällen einen kleineren Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie sowie kleinere CO₂ Emissionswerte aufweisen. Das Potenzial, dass Unverpackt-Läden ein bedeutender Bestandteil des Ernährungssystems in Bern und weiteren Orten werden können, wird in der Diskussion anhand der Diffusionstheorie von Rogers erörtert. Anhand dieser Theorie konnte gezeigt werden, dass sich Unverpackt-Läden insbesondere dann durchsetzen können, wenn sie ihre relative Vorteilhaftigkeit gegenüber dem Einzelhandel ausbauen. Die grösste relative Vorteilhaftigkeit eines Unverpackt-Ladens ist, dass bei einem Einkauf ein Gefühl «etwas für die Umwelt getan zu haben» beim Kunden aufkommt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	1
Abstract.....	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
1. Einleitung	7
2. Stand der Forschung	10
3. Forschungsfrage.....	12
4. Theoretischer Hintergrund und Grundkonzepte	14
5. Auswahl der Produkte und Beschreibung der Betriebe.....	17
5.1 Ausgewählte Verarbeiter	18
5.1.1 Swissmill.....	18
5.1.2 SAT Mühle Schönbühl	18
5.1.3 Oleificio Sabo	18
5.1.4 Gmüsesesel.....	19
5.2 Verarbeitung von Weissmehl.....	20
5.3 Verarbeitung von Rapsöl.....	20
6. Methoden	21
6.1 Life Cycle Assessment	21
6.2 Systemgrenze.....	22
6.3 Datenerhebung	23
6.4 Ökoinventare	24
6.4.1 Transport.....	24
6.4.2 Strom, Erd- und Biogas	26
6.4.3 Verpackungen	28
7. Ergebnisse	30
7.1 Wertschöpfungskette Weissmehl verpackt	30
7.2 Wertschöpfungskette Weissmehl unverpackt.....	33
7.3 Wertschöpfungskette Weissmehl im Vergleich	36
7.4 Wertschöpfungskette Rapsöl verpackt	38
7.5 Wertschöpfungskette Rapsöl unverpackt.....	41
7.6 Wertschöpfungskette Rapsöl im Vergleich	44
8. Diskussion	46
8.1 Vergleich Weissmehl.....	46

8.2 Vergleich Rapsöl.....	47
8.3 Einbezug der Landwirtschaft in die Wertschöpfungsketten	48
8.4 Bedeutung für Nachhaltigkeit	50
8.5 Potenzial Unverpackt-Läden und Bedeutung für das Ernährungssystem Bern	52
8.6 Kritik und weitere Forschung.....	53
9. Fazit.....	54
10. Literaturverzeichnis	55
10.1 Internetquellen	58
11. Anhang.....	60
11.1 Herstellung und Service Lastwagen	60
11.2 Strommix SBB.....	60
11.3 Eindrücke der Swissmill und der Mühle Schönbühl	61
11.4 Notizen Befragungen	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Umweltbelastungen durch Konsum in der Schweiz	7
Abbildung 2 Food System	15
Abbildung 3 Systemgrenze	22
Abbildung 4 Wertschöpfungskette Weissmehl verpackt	30
Abbildung 5 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette für verpacktes Weissmehl	32
Abbildung 6 Prozentanteil CO ₂ Emissionen einzelner Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Weissmehl	33
Abbildung 7 Wertschöpfungskette Weissmehl unverpackt	33
Abbildung 8 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette für unverpacktes Weissmehl	35
Abbildung 9 Prozentanteil CO ₂ Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Weissmehl	35
Abbildung 10 Verbrauch nicht erneuerbarer Energien von Weissmehl im Vergleich.....	36
Abbildung 11 CO ₂ Emissionen der Wertschöpfungsketten von Weissmehl im Vergleich	37
Abbildung 12 Wertschöpfungskette Rapsöl verpackt.....	38
Abbildung 13 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl	40
Abbildung 14 Prozentanteil der CO ₂ Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl	40
Abbildung 15 Wertschöpfungskette Rapsöl unverpackt.....	41
Abbildung 16 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl	43
Abbildung 17 Prozentanteil der CO ₂ Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl	43
Abbildung 18 Verbrauch nicht erneuerbarer Energien der Wertschöpfungsketten von Rapsöl im Vergleich.....	44
Abbildung 19 CO ₂ Emissionen der Wertschöpfungsketten von Rapsöl im Vergleich	45
Abbildung 20 Energieverbrauch der gesamten Wertschöpfungskette von Bio-Weissmehl im Vergleich	49
Abbildung 21 Energieverbrauch der gesamten Wertschöpfungskette von Rapsöl im Vergleich	50
Abbildung 22 Mahlstuhl Mühle Schönbühl	61
Abbildung 23 Mahlstuhl Swissmill.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der Produzenten	17
Tabelle 2 Verbrauch und CO ₂ Emissionen der verschiedenen Transportmittel während des Gebrauchs.....	26
Tabelle 3 CO ₂ Emissionen des Schweizerischen Strommix	27
Tabelle 4 Umweltauswirkungen Verpackungen..	29
Tabelle 5 Entfernung und Transportmittel des Getreidetransport zur Swissmil.	31
Tabelle 6 Ergebnisse Weissmehl verpackt.....	32
Tabelle 7 Ergebnisse Weissmehl unverpackt.....	34
Tabelle 8 Entfernungen und Transportmittel des Rapstransportes zur Oeleificio Sabo	38
Tabelle 9 Ergebnisse Weissmehl verpackt.....	39
Tabelle 10 Ergebnisse Rapsöl unverpackt	42

1. Einleitung

Mit einer wachsenden Weltbevölkerung wächst die Nachfrage nach Lebensmitteln und damit steigt der Druck auf natürliche Ressourcen welche zur Herstellung, Verarbeitung und Verteilung der Lebensmittel benötigt werden.

Die daraus abgeleitete Frage ist, wie diese wachsende Nachfrage nachhaltig befriedigt werden kann. Dabei sind ökologische, ökonomische und soziale Aspekte mit einzubeziehen.

Dass die Frage nach einer nachhaltigen Ernährung nicht unbedeutend ist, zeigt sich auch daher, dass sie in fünf¹ der 17 Ziele der SDGs vorkommt, wie z.B. SDG Ziel Nummer 2: „Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern“ (Internetseite 1).

Ernährungsnachhaltigkeit ist bei Weitem kein Thema, welches nur den globalen Süden betrifft. Der Fakt, dass rund 30% der Umweltbelastungen des Konsums der Schweizer Bevölkerung durch die Ernährung zustande kommt, zeigt die Wichtigkeit des Themas auch für entwickelte Länder auf (BAFU 2011), (Abb. 1).

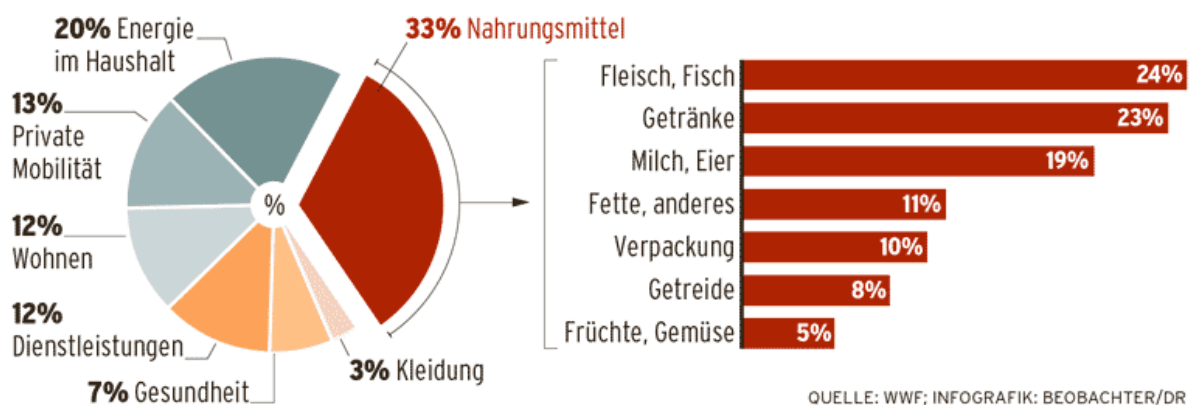


Abbildung 1 Umweltbelastungen durch Konsum in der Schweiz (Internetseite 2. Basierend auf Jungbluth et al. 2011)

Umweltbelastungen im Kontext der Ernährung ist ein Sammelbegriff für sehr viele negative Effekte des Ernährungssystems auf die Umwelt, von der Erosion, Versauerung und Übernutzung der Böden, der Eutrophierung von Wasser, über die Emission von Luftschadstoffen bis hin zur Übernutzung natürlicher Ressourcen um nur eine kleine Auswahl zu nennen (BLW 2017).

Es ist deshalb wenig erstaunlich, dass im Bereich Ernährung in der Schweiz eine grosse Anzahl an Forschungsarbeiten vorliegen (Bystrick et al.; Leinert et al. 2016; Kamm et al. 2015).

Die Umweltfolgen einzelner Wertschöpfungsketten des Ernährungssystems der Schweiz wird in einer Arbeit der Agroscope quantitativ erfasst und mit den Nachbarländern verglichen. Die

¹ SDG Goals: 2, 3, 6, 12, 13, 15.

Quantifizierung der Umweltfolgen basiert auf der Life Cycle Assessment (LCA) Methode. Diese Methode erfasst die Umweltfolgen, welche die Herstellung eines Produkts vom Beginn bis zum Ende der Wertschöpfungskette mit sich bringt. Eine wichtige Erkenntnis aus dieser Arbeit war, dass in der Phase der landwirtschaftlichen Produktion die entscheidenden Aspekte, welche die Umweltauswirkungen bestimmen, die Flächenerträge, der Einsatz von Pestiziden und das Produktionssystem sind (Bystricky et al. 2015).

Neben dem Vergleich der Schweiz mit dem Ausland wurden in einer weiteren Forschungsarbeit der Agroscope, die verschiedenen Anbausysteme innerhalb der Schweiz mittels LCA verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass in der Gesamtheit die biologische Produktion im Vergleich zur integrierten Produktion geringere Umweltfolgen aufzuweisen hat (Nemecek et al. 2005).

Diese Bachelorarbeit baut auf dem Wissen dieser Arbeiten auf und versucht den Fokus auf ein lokaleres Ernährungssystem zu setzen, das Ernährungssystem der Stadt Bern. Der Fokus rührt daher, dass das CDE und GIUB im Auftrag der Stadt Bern eine transdisziplinäre und handlungsorientierte Nachhaltigkeitsanalyse der wichtigsten Ernährungssysteme der Stadt Bern erstellt. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten.

Neben dem lokalen Kontext unterscheidet sich die Arbeit des Weiteren von bisherigen Forschungen, als dass der Fokus weniger auf der landwirtschaftlichen Phase der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln liegt, als vielmehr auf deren Verarbeitung, Vertrieb und Verkauf. Dies aus dem Grund, dass die beschriebenen Arbeiten sehr wohl Vergleiche zwischen den verschiedenen Anbausystemen gemacht haben, aber nicht zwischen verschiedenen Systemen der darauffolgenden Schritte der Wertschöpfungskette.

Die Lebensmittelversorgung in der Schweiz wird durch den Coop und die Migros dominiert. Weitaus weniger bekannt sind Unverpackt-Läden, in Bern gibt es vier davon. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihre Waren unverpackt anbieten. Das Hauptziel besteht darin, weniger Abfall zu produzieren und die natürlichen Ressourcen zu schonen. Der Hintergrund, Unverpackt-Läden zu analysieren, rührt daher, dass rund zehn Prozent der Umweltauswirkungen des Lebensmittelkonsums auf die Herstellung von Verpackungen zurückzuführen sind und damit ein nicht unbedeutendes Sparpotenzial darstellen (Abb. 1). Für die Versorgung der Unverpackt-Läden mit Lebensmitteln, haben sich eigene Wertschöpfungsketten entwickelt. Diese zeichnen sich nicht nur durch den Verzicht auf Verpackungsmaterial aus, sondern durch den ganz allgemeinen Anspruch, so nachhaltig produzierte Nahrungsmittel wie möglich anzubieten. Das wird unter anderem durch die Regionalität, die Saisonalität und durch biologischen Anbau versucht zu erreichen. Es geht in dieser Arbeit somit um weit mehr als den Vergleich von verpackten mit unverpackten Lebensmitteln. Es werden die Unterschiede der Wertschöpfungsketten des Einzelhandels,

namentlich von Coop und Migros, und der Unverpackt-Läden untersucht. Der vereinfachten Leserlichkeit wird in dieser Arbeit oftmals von unverpackten und verpackten Lebensmitteln geschrieben, gemeint sind dabei immer die unterschiedlichen Wertschöpfungsketten. Die Bezeichnung «verpackte Lebensmittel» bezieht sich auf die Lebensmittel des Einzelhandels, die «unverpackten Lebensmittel» auf diejenigen des Unverpackt-Ladens.

2. Stand der Forschung

Es gibt eine grosse Anzahl an Forschungen zu den Umweltfolgen der Landwirtschaft auf globaler, lokaler und auch regionaler Ebene.

Forschungen bezüglich Wertschöpfungsketten in Ernährungssystemen sind oft im Kontext mit der Beziehung des globalen Nordens mit dem Süden verbunden, wie z.B. das Paper «global value chains in the agrifood sector». Es beschreibt den Export von Nahrungsmittel aus armen Ländern als eine Chance für genau diese und liefert eine grosse Zahl an konkreten Vorschlägen, wie z.B. der Ausbau von Infrastruktur, um dies zu erreichen (UNIDO 2006).

In der Schweiz ist unter anderem das Bundesamt für Umwelt und das Bundesamt für Landwirtschaft Informationsquelle für die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt. Eine jährliche Zusammenstellung der wichtigsten Kennzahlen finden sich im jährlich erscheinenden Agrarbericht. Im Jahr 2017 wurden auf Schweizer Feldern beispielsweise 2200 Tonnen Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln eingesetzt und die Luft mit 48'000 Tonnen Ammoniak belastet, was beinahe doppelt soviel ist wie umweltverträglich wäre (BLW 2017). Zum Thema der Wertschöpfungsketten in der Schweiz ist die Arbeit von Beretta et al. (2013) zu erwähnen. Sie konnten zeigen, dass innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion in der Schweiz vom Beginn bis zum Ende der Wertschöpfungskette, dem Konsum, insgesamt 48% der erzeugten Nahrungsenergie nicht für die menschliche Ernährung genutzt wird.

Eingangs wurden zwei Arbeiten der Agroscope zum Thema Ökobilanzierung von Nahrungsmitteln erwähnt. Bystricky et al. (2015) konnten zeigen, dass in der landwirtschaftlichen Produktion, die für die Umweltauswirkungen meist entscheidenden Aspekte, die Flächenerträge, der Einsatz von Pestiziden und das Produktionssystem sind. Auf der Ebene der Verteilung ist der Aspekt der Transportentfernung und dem Transportmittel entscheidend. So weisen beispielsweise Kartoffeln aus Nachbarländern der Schweiz, aufgrund besserer Standortfaktoren, günstigere Umweltfolgen auf als Schweizer Kartoffeln. Jedoch schneiden die inländischen Kartoffeln beim Transport wiederum einiges besser ab. Die Ebene der Verarbeitung fällt nur dann ins Gewicht der gesamten Wertschöpfungskette, wenn das Produkt einen hohen Verarbeitungsgrad aufweist.

Nemecek et al. (2005) legen für die Situation innerhalb der Schweiz eine aussagekräftige Arbeit zur «Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau» vor. Unter anderem wurden hier die Landbauformen konventionell, integriert und biologisch sowie die Produktionsintensität, bezogen auf ihre Umweltfolgen, verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass die biologische Produktion im Vergleich zur integrierten Produktion weniger Umweltfolgen aufzuweisen hat. Am besten schneidet die biologische Produktion in den untersuchten Bereichen Schadstoff- und Ressourcenmanagement sowie der Biodiversität ab. Auf

die Anbaufläche bezogen, schneidet die biologische Produktion ebenfalls im Bereich Ressourcen- und Nährstoff- Management besser ab, wegen den kleineren Erträgen sind die produktbezogenen Umweltwirkungen in dem Bereich jedoch meist ungünstiger. Die kleineren Erträge sind auf den Verzicht von synthetischem Dünge- und Pflanzenschutzmittel zurückzuführen. Kleinere Flächenerträge bedeuten im Umkehrschluss, dass für die Produktion einer bestimmten Produktmenge mehr Fläche benötigt wird.

Die Arbeiten von Nemecek et al. (2005) sowie die Arbeit von Bystrick et al. (2015) erstellten die Ökobilanzen oder Teile davon mit der SALCA-Methodik, dem Swiss Agricultural Life Cycle Assessment (Gaillard et al. 2009). Mehr zum Life Cycle Assessment findet sich im Theorieteil dieser Arbeit.

Neben den genannten Vorteilen von biologischer gegenüber konventioneller Landwirtschaft zeigen verschiedene Arbeiten des Forschungsinstituts für biologische Landwirtschaft eine Vielzahl weiterer solcher auf. Dazu gehören zum Beispiel, die erhöhte Bodenfruchtbarkeit, das schonen von Grundwasser und dem geringeren Eutrophierungspotenzial von Gewässern und vieles Mehr (Rebholz et al. 2015). Ein Argument für biologischen Anbau ist auch die bessere Energiebilanz von Bio Lebensmitteln, so verbraucht z.B. ein Bio Mastrind rund 60 Liter weniger Erdöl als dies ein Rind in der Kraftfutter basierten Stallhaltung tut (Meier et al. 2014). Nicht nur in der Fleischproduktion wird beim biologischen Anbau Energie gespart, nach der Richtlinie von Bio-Suisse dürfen Gewächshäuser mit guter Wärmedämmung bis zehn Grad und alle weiteren Gewächshäuser nur knapp über null Grad geheizt werden, die Einfuhr von Bio Knospe Produkte mit dem Flugzeug ist verboten (Internetseite 3).

Wertschöpfungsketten der Stadt Bern wurden in einer Arbeit der Agridea untersucht. Es geht dabei um die Wertschöpfungskette von Milch. Das Aufzeichnen der Wertschöpfungskette wird als Instrument gesehen, Investitionen von öffentlichen Geldern am richtigen Ort einzusetzen (Pfranger und Révion 2015).

Das exemplarische Aufzeigen von existierenden Arbeiten soll zeigen, dass es zum Thema Ernährung und speziell zur Landwirtschaft viele Forschungsarbeiten gibt, was jedoch fehlt ist eine Arbeit, welche sich der Ökobilanzierung des Ernährungssystem der Stadt Bern angenommen hat. Auch eine Ökobilanzierung der Wertschöpfungsketten von unverpackt Läden wurde so noch nicht erstellt. Diese Arbeit setzt in genau dieser Forschungslücke an.

3. Forschungsfrage

Aus der in der Einleitung beschriebenen Problemstellung und der aus dem Forschungsstand aufgezeigten Forschungslücke hat sich folgende Fragestellung entwickelt:

Welche Umweltfolgen, gemessen an Bedarf von nicht erneuerbaren Energien und CO₂ Emissionen, haben die Wertschöpfungsketten von Bio Rapsöl und Bio Weissmehl vom Einzelhandel (Coop/Migros) im Vergleich zu denen eines unverpackt-Landens in Bern?

Für die Bearbeitung der Fragestellung dienen folgende Unterfragen:

- 1. Wie sehen die Wertschöpfungsketten der beiden Weissmehle und Rapsöle aus? Dazu gehören Fragen wie: welche Verarbeitungsstufen gibt es, welche Energien werden eingesetzt, wie grosse Mengen werden verarbeitet, wie gross sind die Transportdistanzen?*
- 2. Bestimmung der Ökoinventare. Welchen Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien und Ausstoss von CO₂ haben die verschiedenen Elemente der Wertschöpfungsketten zur Folge?*

Die Auswahl der Umweltfolgen auf den Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien und der CO₂ Emission rührt daher, weil es nach Bystricky et al. (2015) genau diese beiden Umweltfolgen sind, welche in der nachgelagerten Phase, sprich dem Vertrieb und dem Verkauf, den entscheidenden Anteil der Umweltfolgen ausmachen. Beide Umweltfolgen tragen eine grosse Bedeutung auf regionaler, nationaler und globaler Ebene. Der Verbrauch nicht erneuerbarer Energie hat auf lange Sicht keine Zukunft, da er einhergeht mit der Ausschöpfung nicht erneuerbarer Ressourcen. Kohlenstoffdioxid trägt eine Schlüsselrolle für den Treibhauseffekt und die damit verbundene Klimaerwärmung.

Der Fokus auf die zwei genannten Detailhändler Coop und Migros rührt daher, dass sie sich in der Schweiz nahezu 90% des Marktanteils beim Lebensmittelverkauf teilen und somit den Status quo darstellen (Linder et al. 2016). Unverpackt-Läden auf der anderen Seite haben kaum einen Marktanteil, jedoch bezeichnen sie sich als besonders umweltverträglich. Zum einen, da sie auf Einwegverpackungen verzichten und zum anderen, da die Läden mehrheitlich regionale Produkte, welche aus biologischer Produktion stammen, anbieten. Unverpackt-Läden können somit als eine Option gesehen werden, um das System unserer Nahrungsmittelversorgung um zu gestalten.

Da im Rahmen dieser Arbeit nur zwei Produkte untersucht werden, kann die Frage, ob Produkte aus unverpackt-Läden grundsätzlich weniger oder mehr Umweltfolgen mit sich bringen, nicht geklärt werden. Die Arbeit soll als eine explorative Studie gesehen werden, welche versucht alternative Wertschöpfungsketten und deren Potenzial auf zu zeigen.

4. Theoretischer Hintergrund und Grundkonzepte

Der theoretische Hintergrund dieser Arbeit basiert auf dem Konzept der Nachhaltigkeit, insbesondere der Ernährungsnachhaltigkeit. Eine der meist zitierten Definitionen von Nachhaltigkeit ist die des Brundtland-Berichts von 1987: „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (WCED 1987:37).

Es handelt sich hierbei um eine sehr vage Definition, welche jedoch zur Entwicklung weiterer Definitionen und Konzepten geführt hat, wie auch dem bekannten 3-Säulen Modell. Jede Säule steht für eine der Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Eine Nachhaltige Entwicklung ist demnach eine Entwicklung, welche eine Balance zwischen den stark verlinkten Dimensionen findet. Die Schweiz verfolgt das 3-Säulen Modell im Sinne einer schwachen Nachhaltigkeit plus. Dies steht für eine Position zwischen der starken und schwachen Nachhaltigkeit (Wachter 2014).

Die Ernährungsnachhaltigkeit wiederum lässt sich in fünf Dimensionen aufteilen: Ernährungssicherheit, das Recht auf Essen, Reduktion von Armut und Ungleichheit, der sozioökologische Resilienz und der Reduktion von negativen Einflüssen auf die Umwelt. Zusätzlich ist auch zu beurteilen, wie stabil die Dimensionen über Zeit und Raum sind (Rist und Jacobi 2016).

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der letzten der genannten Dimensionen, dem Einfluss eines Ernährungssystems auf die Umwelt. Zu dieser Beurteilung fließt ein, wie sehr die natürlichen Ressourcen eines Ernährungssystems und der weiteren Umwelt beansprucht werden. Beispiele dafür sind die Boden- und Wasserqualität, die Biodiversität oder die Emission von Klimagasen (ebd.).

Die Ernährungsnachhaltigkeit ist eingebunden in das Konzept des «Foodsystems», im Folgenden als Ernährungssystem bezeichnet. Ein Ernährungssystem dient insbesondere zum Management von Ernährungsnachhaltigkeit sowie -sicherheit (Ericksen 2008). Es besteht aus 4 Subsystemen. Zentral ist das «operational Subsystem», es beinhaltet unter anderem die Akteure und die Wertschöpfungsketten welche direkt oder indirekt mit der Befriedigung von «food needs» zusammenhängen. Dieses Subsystem ist eingebettet in politisches Subsystem, welches wiederum in ein Subsystem der natürlichen Ressourcen eingebettet ist. Hinzu kommt das Informations- und Dienstleistungs-Subsystem (Rastoin und Ghersi 2010).

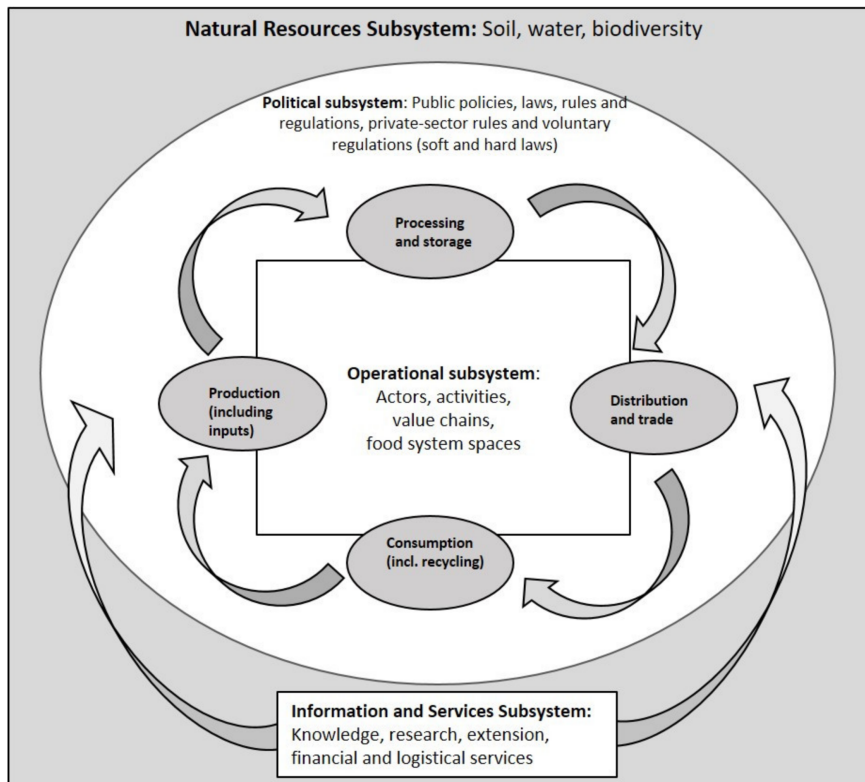


Abbildung 2 Food System (Jacobi und Llanque 2018: Seite 9)

Die vorliegende Arbeit setzt an der Verbindung des «operational subsystems» und dem Subsystem der Natürlichen Ressourcen an, oder um es genauer auszudrücken, an den Auswirkungen welche die Wertschöpfungsketten des «operational subsystems» auf die natürlichen Ressourcen haben.

Ein Ernährungssystem ist immer auf einen bestimmten Raum bezogen. Sei das ein Dorf, ein Land oder auch die ganze Erde. Die Verortung eines Foodsystems ist somit direkt an den Fachbereich der Geografie gekoppelt.

Wertschöpfungskette ist ein weiterer Begriff. Von der United Nations Industrial Development Organization, der UNIDO, wird eine Wertschöpfungskette wie folgt definiert: “A mechanism that allows producers, processors, and traders - separated by time and space - to gradually add value to products and services as they pass from one link in the chain to the next until reaching the final consumer (domestic or global)” (UNIDO 2011: 10).

Neben dem Theoretischen Hintergrund sollen an dieser Stelle auch die Begriffe «Biologische Landwirtschaft» und «Unverpackt-Laden» eingegrenzt werden.

Die biologische Landwirtschaft hält sich an den Leitgedanken der Nachhaltigkeit. Das bedeutet, dass biologische LandwirtInnen deutlich mehr Richtlinien zu befolgen denn jene der

konventionellen Landwirtschaft. Diese betreffen unter anderem natürliche Lebensprozesse, artgerechte Tierhaltung und geschlossene Stoffkreisläufe. Auf chemisch-synthetische Spritzmittel und Kunstdünger muss verzichtet werden (Bosshard et al. 2010: 179).

Unverpackt-Läden zeichnen sich primär dadurch aus, dass sie ihre Waren nicht verpackt anbieten. Es wird dem Kunden überlassen, in welcher Verpackung er die Waren transportieren und lagern möchte. Beispiele für Unverpackt-Läden in Bern sind die Palette (Münstergasse), der i-Lade (Spiegelstrasse), Bern Unverpackt (Schwarztorstrasse) oder Lola (Lorrainestrasse).

5. Auswahl der Produkte und Beschreibung der Betriebe

Die Auswahl der untersuchten Lebensmittel basiert auf dem Sortiment der zwei Berner Unverpackt-Läden *Palette* und *i-lade*. In mehreren Schritten wurden schlussendlich Weissmehl und Rapsöl ausgewählt. Die Gründe dafür waren: Beide Lebensmittel sind wichtige Bestandteile der Ernährung, die Produktionsschritte sind von ihrer Komplexität in einer Bachelorarbeit zu behandeln und Raps sowie Weizen können in der Schweiz angebaut werden, eine lokale Versorgung ist somit grundsätzlich möglich.

Die Auswahl der Produkte auf Seite des Detailhandels wurde so gewählt, dass sie so ähnlich wie möglich dem Produkt aus dem unverpackt-Laden sind. Das wichtigste Kriterium dabei war, dass die Produkte aus biologischer Landwirtschaft stammen. Für die Begriffsdefinition von biologischer Landwirtschaft siehe Kapitel 4 «Theoretischer Hintergrund und Grundkonzepte». Ausgewählt wurde Bio-Weissmehl des Produzenten Swissmill mit Sitz in Zürich, dem Tochterunternehmen des Coop und grössten Mühle in der Schweiz und das Bio-Rapsöl von Oleificio Sabo im Thurgau, eines der drei grössten Ölwerke in der Schweiz und dem Hersteller des einzigen Bio-Rapsöl welches im Coop angeboten wird (Tab. 1).

Tabelle 1 Übersicht der Produzenten

	Herkunft Weizen/Raps	Verarbeiter
Angebot Unverpackt-Läden		
Bio Rapsöl	Törishaus	Gmüsesesel
Bio Weissmehl	Schönbühl	SAT Mühle Schönbühl
Angebot Einzelhandel		
Bio Rapsöl	Schweiz	Oleificio Sabo
Bio Weissmehl	15% Schweiz und 85% Deutschland und Österreich	Swissmill

In folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Verarbeiter kurz portraitiert, um eine grobe Übersicht zu gewährleisten. Alle Verarbeiter sind mit einer eigenen Website im Internet vertreten. Gemeinsam haben sie auch, dass sie auf der Website die nachhaltige Produktion ihrer Produkte explizit ansprechen.

5.1 Ausgewählte Verarbeiter

5.1.1 Swissmill

Die heutige Tochtergesellschaft des Coops, die Swissmill in Zürich, kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. Seit 1843 steht sie am Shilquai. Heute ist sie die einzige Mühle in der Stadt Zürich und überhaupt einer der letzten Industriellen Betriebe mitten in der Stadt. Die Mühle wuchs ständig weiter an, mit der Inbetriebnahme der *Mühlengenossenschaft Schweizerischer Konsumvereine* (Coop) 1913, wurde der Beginn der heutigen modernen Mühle markiert. Als grösste Mühle der Schweiz verfolgt die Swissmill das Ziel, eine grosse Palette an qualitativ hochwertigen Produkten anzubieten, welche mit zeitgemässen Technologien produziert werden. Betont werden das grosse Know-How und die ausgezeichnete Qualitätssicherung. Pro Tag werden in der Swissmill bis zu 1000 Tonnen Getreide verarbeitet. Der verarbeitete Weizen stammt aus der Schweiz, den Nachbarländern und auch von Übersee. Unter den 80 Mitarbeitern sind 6 Lernende angestellt. Sämtliche Informationen stammen aus dem Experteninterview mit Herr Bolay im November 2018, siehe Anhang 11.4.

5.1.2 SAT Mühle Schönbühl

Die Mühle Schönbühl in Kriechenwil ist ebenfalls ein Betrieb mit langer Geschichte, seit 1502 wird in ihr Mehl verarbeitet. Die Mühle, mit welcher das Mehl heute verarbeitet wird, ist 60 Jahre alt. Die Mühle bietet betreute Arbeitsplätze für Jugendliche an, welche aus verschiedenen Gründen momentan keine Arbeits- oder Ausbildungsstelle haben. Neben dem Ziel die Jugendlichen in die Berufswelt zu integrieren, wird das Ziel einer Produktion von hochwertigem Bio-Mehl mit Getreide aus der näheren Umgebung verfolgt. Neben Mehlen, Schroten und Körnern werden auch Produkte wie Teigwaren, Balsamico und Trockenfrüchte produziert. Pro Jahr werden rund 135 Tonnen Getreide verarbeitet. Die Informationen stammen aus dem Experteninterview mit Herr Struchen im November 2018, siehe Anhang 11.4.

5.1.3 Oleificio Sabo

Sabo gibt es bereits seit 1850 und hat ihren Hauptsitz in Lugano. Sie unterhalten drei Produktionswerke, davon eines in Italien und eines in Rumänien. Das dritte Werk ist am Bodensee im Thurgau angesiedelt und beschäftigt 65 Mitarbeiter. In ihrem Leitbild für die Zukunft steht die Qualität und die Kundenzufriedenheit im Zentrum, aber es wird auch auf die Bemühungen in Richtung ökologischer Nachhaltigkeit hingewiesen. Konkrete Massnahmen sind z.B. der vermehrte Transport mit dem Schienenverkehr, dem Einsparen von Strom sowie fossilen Gasen durch den Einsatz von modernen und sparsamen Produktionsmaschinen, bis hin zur Anpassung der Informatik Prozesse welche einen kleineren Verbrauch von Papier und

Toner zur Folge hat. Der Raps, welcher im Thurgau verarbeitet wird, stammt ausschliesslich aus der Schweiz (Internetseite 4).

5.1.4 Gmüesesel

Der Gmüesesel ist ein Einmannunternehmen von Thomas Wieland. Auf der Website findet sich folgendes Leitbild: „Er [der Gmüesesel] möchte Wege für die Grundnahrungsmittelproduktion suchen, die für die Gesundheit, die Mitmenschen und die Umwelt zukunftssträftig sein können“ (Internetseite 5).

Seit 2016 produziert der Gmüesesel, in einem eigens für den Zweck eingerichteten Fitnesscenter in der Länggasse, an zwei Abenden in der Woche, neben Hartweizengries und Polenta, Rapsöl. Abhängig von der Nachfrage an Produkten und dem Angebot an Getreide, werden mit drei bis vier Fitnessgeräten die Maschinen zur Verarbeitung angetrieben. Die Benützung der Geräte ist für die Teilnehmer gratis, sie erhalten nach dem Workout ca. einen Viertel ihrer Produktion gratis. Über das Projekt wurde unter anderen vom SRF und der Berner Zeitung berichtet (Internetseite 6 und 7). Der Raps wird in Törishaus, dem Wohnort von Thomas Wieland, auf etwa einer halben Hektare angebaut.

Der Gmüesesel verarbeitet im Jahr durchschnittlich eine Tonne Raps zu 330 Kilogramm Öl, sprich etwa 370 Liter. Die Informationen der Internetseiten wurden mit Informationen aus dem Experteninterview mit Herr Wieland im November 2018 ergänzt, siehe Anhang 11.4.

5.2 Verarbeitung von Weissmehl

Weizen ist in der Schweiz wie in vielen weiteren Ländern das meist angebaute Getreide. Der Grossteil wird jedoch nicht für die Ernährung des Menschen, sondern für die Fütterung von Tieren verwendet. Sechs Prozent des Schweizer Weizen wird biologisch angebaut (Meyre et al. 2017). Geerntet wird der Weizen mit einem Mähdrescher wovon er über Sammel- und Verteilzentren in eine Mühle gelangt. Bei der Annahme der Getreidekörner unterzieht man das Getreide einer Qualitätskontrolle und es wird gereinigt, um kleine Steinchen sowie Pflanzenstängel zu entfernen. Dies geschieht meist in zwei Reinigungsstufen. In einem nächsten Schritt folgt die eigentliche Vermahlung, auch das geschieht über mehrere Stufen. Bei Weissmehl wird aus einem Kilogramm Getreide 590g Mehl und 400g Schalenreste gewonnen. Ein Prozent ist Verlust, welcher über die Luft entweicht. Um die Menge Getreide abzubilden, welche für ein Kilogramm Mehl benötigt werden, wird beim Transport vor der Mühl jeweils mit 1.7 Kilogramm Getreide gerechnet.

5.3 Verarbeitung von Rapsöl

Raps ist eine vom Menschen gezüchtete Pflanze, es existiert also keine Wildform. Kultiviert wurde er wegen des hohen Ölgehalts seiner Samenkörner. Als Lebens- und Futtermittel wird Raps jedoch erst seit den 1970er Jahren verwendet. Die Rapspflanze ist anfällig auf eine Vielzahl von Schädlingen, was insbesondere den Biologischen Anbau erschwert. Die Ernte der Rapskörner geschieht ähnlich wie beim Weissmehl mit einem Mähdrescher. Über Sammel- und Verteilzentren gelangt der Raps in die Ölwerke, ein Grossteil der Ernte wird von den drei grossen Ölwerken Oleificio Sabo (TG), der Florin AG (BL) und der Nutriswiss AG (BE) verarbeitet. Die Rapskörner werden gereinigt und von ihren schwarzen Schalen befreit. Es folgt die Pressung, in dieser Arbeit werden zwei kaltgepresste Rapsöle untersucht. Warmgepresste Rapsöle weisen auf die gleiche Menge Rapskörner einen höheren Ausnützungsgrad auf. Bei der Kaltpressung werden aus drei Kilogramm Rapskörner durchschnittlich ein Kilogramm Rapsöl gewonnen. Bei warmgepresstem Rapsöl kann bis zu eineinhalb Kilogramm Rapsöl aus drei Kilogramm Raps gewonnen werden. Dies ist wie beim Weissmehl entscheidend, da für die Ökobilanzierung, sprich dem Transport bis zur Mühle, mit drei Kilogramm Rapskörner gerechnet werden muss. Verpackt wird das Öl meistens in Plastikflaschen aus Polyethylen oder in Glasflaschen (Internetseite 8). Die Informationen der Internetseite «*raps.ch*» wurden mit Informationen aus dem Experteninterview mit Herr Wieland im November 2018 ergänzt, siehe Anhang 11.4.

6. Methoden

6.1 Life Cycle Assessment

Das Ziel eines Life Cycle Assessments (LCA), zu deutsch als Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse bezeichnet, ist die Bilanzierung aller produktbezogenen Umweltauswirkungen. Die Umweltauswirkungen beziehen sich auf den gesamten Lebenszyklus eines Produktes, von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, bis hin zur Anwendung und Entsorgung. Der Lebenszyklus wird in dieser Arbeit als Wertschöpfungskette bezeichnet, siehe dafür auch Kapitel 5.0 *Theoretischer Hintergrund*. Die Methode beschränkt sich auf die Ökologischen Auswirkungen, soziale und wirtschaftliche Aspekte werden nicht berücksichtigt. Es gibt eine internationale Norm zur Erstellung eines LCA, bekannt als ISO14040 (ISO 1997).

Nach dieser Norm sind LCA immer gleich aufgebaut und beinhalten vier Phasen (ISO 2006).

1. **Zieldefinierung.** Die Zieldefinition setzt einen Untersuchungsrahmen. Es werden Systemgrenzen, die funktionellen Einheiten (Bezugsgrösse) und die Wirkungskategorien festgelegt.
2. **Sachbilanz.** Die Sachbilanz beschreibt die Erfassung aller Stoff- und Energieströme welche über den gesamten Verlauf des Lebenszyklus, bzw. der Wertschöpfungskette eines Produktes. Diese Stoff- und Energieströme werden mit den Ökoinventaren verknüpft. Ein Ökoinventar definiert die konkreten Umweltfolgen für einen bestimmten Prozess oder die Herstellung eines bestimmten Produkts, beispielsweise der Ausstoss von CO₂ für den Transport einer Tonne Ware mit dem Zug für die Strecke eines Kilometers. Das Resultat ist der Ressourcenbedarf sowie die Emissionen bezogen auf eine funktionelle Einheit. Die funktionelle Einheit in dieser Arbeit ist ein Kilogramm Weissmehl, bzw. Rapsöl.
3. **Wirkungsabschätzung.** Die dritte Phase dient dazu, die Ergebnisse aus der Sachbilanz zusammen zu fassen. Dies geschieht, indem man Wirkungskategorien bildet, wie z.B. Eutrophierung, Versauerung oder eben Energiebedarf und Kohlenstoffdioxid Emissionen.
4. **Auswertung.** Durch das Interpretieren der Daten sollen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Die ETH, die EMPA, das PSI, Agroscope und die EPA arbeiten eng mit Ecoinvent zusammen. Ecoinvent bezeichnet sich selbst als die weltweit führende Datenbank für Life Cycle Inventories (Internetseite 9). Der Zugang zu dieser Datenbank muss käuflich erworben werden, oder über eine der genannten Forschungsinstitutionen vergeben werden. Als Student der Universität Bern bleibt der Zugang verwehrt. Die Daten, welche in dieser Studie verwendet wurden, stammen deshalb aus Publikationen von Ecoinvent welche öffentlich zugänglich sind. Es handelt sich dabei um Publikationen zu früheren Versionen von Ecoinvent und Publikationen von Dritten, welche ebenfalls öffentlich zugänglich sind. Dies führt gezwungener massen dazu, dass das Vorgehen und die Ergebnisse die ISO 14040 nicht erfüllen.

6.2 Systemgrenze

Im Theoriekapitel wurde der Begriff der Wertschöpfungskette für diese Arbeit bereits definiert. Was die Anwendung des LCA betrifft, wird nicht die gesamte Wertschöpfungskette untersucht. Der Untersuchungsrahmen beginnt mit dem Moment, in dem das Produkt den Hof verlässt und reicht bis in die Regale der Verkaufsstelle.

Die Produktion und Ernte der landwirtschaftlichen Produkte, konkret Weizen und Raps, wird nicht berücksichtigt. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass sich auf dieser Stufe der Wertschöpfungskette keine Unterschiede zwischen den Merkmalen „Unverpackt-Laden“ und „Einzelhandel“ finden lassen. In beiden Fällen wird von einer Bioproduktion ausgegangen. Es gibt Beispiele, in welchen sich Unverpackt-Läden bewusst für Produkte aus bestimmten landwirtschaftlichen Betrieben entscheiden, da sich diese als besonders umweltschonend ausweisen. In dieser Arbeit wird der Fall nicht mit einbezogen.

Der Konsum und die Entsorgung der Lebensmittel werden in dieser Arbeit ebenfalls nicht berücksichtigt, weil sie nicht in direktem Zusammenhang mit dem Merkmal Unverpackt-Laden oder Verpackt-Laden zu tun haben. Auch hier ist ein Zusammenhang möglich, es ist beispielsweise denkbar, dass Menschen, welche in unverpackt Läden einkaufen, sensibler sind bezüglich der Umweltfolgen von z.B. Foodwaste oder dem Transport der Lebensmittel nach Hause. Dies ist aber nicht Teil der Untersuchung dieser Arbeit. Die Abbildung 3 zeigt an einer stark vereinfachten Wertschöpfungskette die Systemgrenzen auf, gelb hinterlegt ist der untersuchte Bereich.

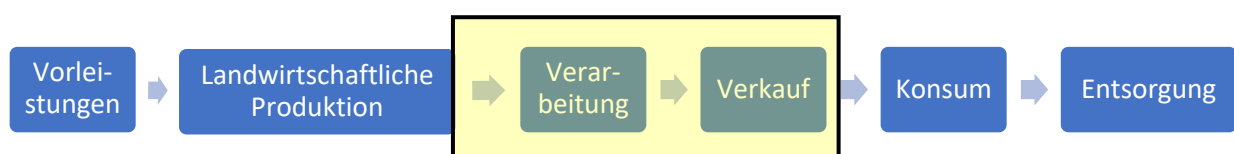


Abbildung 3 Systemgrenze (gelb hinterlegt), (eigene Abbildung)

6.3 Datenerhebung

Zur Datengewinnung dienten Internetrecherchen und Expertenbefragungen mit den Leitern oder stellvertretenden Personen der Betriebe. Es gab keine standardisierten Fragebogen, zumal sich die Betriebe und deren Wertschöpfungsketten bedeutend unterscheiden. Der grobe Aufbau und Ablauf der Fragen, welche gestellt wurden, waren jedoch in jedem Betrieb in etwa gleich. Die Notizen, welche während der Befragung erstellt wurden finden sich in einer überarbeiteten Version im Anhang (10.4). Die Überarbeitung garantiert zum einen den Schutz vor vertraulichen Informationen und zum anderen eine bessere Leserlichkeit. Die Befragungen wurden jeweils am Ort der Verarbeitung durchgeführt und waren mit einer Führung durch den Betrieb verbunden. Neben Auskünfte, welche der Rekonstruktion der Wertschöpfungsketten dienten, wurden auch weitere Statements zum Thema Nachhaltigkeit und Herausforderungen diese zu erfüllen, aufgenommen. Diese Aussagen wurden teilweise in der Diskussion dieser Arbeit wieder aufgenommen. Fragen, welche sich nach dem Besuch ergeben haben, wurden telefonisch oder mit E-Mails geklärt. Von der Swissmill und der Mühle Schönbühl wurden die effektiven Angaben zum Strom und Erdgas Verbrauch mitgegeben, diese Angaben werden aus Gründen der Vertraulichkeit im Anhang ebenfalls nicht aufgeführt.

6.4 Ökoinventare

Wie im Theorieteil erwähnt, konnte kein Zugang zur Ecoinvent Datenbank geschaffen werden. Die Ökoinventare bauen somit auf verschiedenen Quellen auf und werden in dem Kapitel ausführlich beschrieben.

6.4.1 Transport

Die für den Transport verwendeten Ökoinventare finden sich in der Tabelle 2 zusammengefasst, sie basiert auf eigenen Berechnungen und folgenden Quellen.

Die Datengrundlage für den Transport mit Schiff, Bahn und Lastwagen stammen aus einer Publikation von Ecoinvent zu ihrem Datensatz Version 2.0 (Spielmann et al. 2007). Die Daten umfassen die Herstellung, den Gebrauch, den Service und die Entsorgung der Transportmittel. Der mit Abstand grösste Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien und der grösste Ausstoss von CO₂ fällt im Gebrauch der Transportmittel an, deshalb wird in dieser Arbeit einzig dieser bilanziert. Die Herstellung, der Service und die Entsorgung machen bei einem Lastwagen auf den Tonnenkilometer weniger als 5% des Verbrauchs aus, im Anhang (10.1) findet sich dazu exemplarisch eine Rechnung.

Da die Daten von 2007 stammen, sind mit dementsprechender Vorsicht zu verwenden.

Der Energieverbrauch und Ausstoss von CO₂ von Schiff und Bahn werden sich in den letzten 10 Jahren weniger verändert haben als dass die Werte von Lastwagen gemacht haben. Das liegt daran, dass Lastwagen eine kürzere Lebensdauer haben und somit häufiger gegen sparsamere Modelle ausgetauscht werden (Spielmann et al. 2007: S53).

Für den Transport des Weissmehls von der Mühle Schönbühl in den Unverpackt-Laden Palette wurden die exakten Werte nach Hersteller des eingesetzten Fahrzeugs, ein Citroen Jumper, verwendet und der Verbrauch mit der durchschnittlich transportierte Menge von 800kg, die Werte für ein Kilogramm berechnet (Internetseite 10).

Für den Transport mit dem Traktor liegen keine Zahlen in dem Bericht von Ecoinvent vor, wohl auch gerade deshalb, weil es sehr viele verschiedene Modell und Grössen gibt, die unterschiedlich ihrer Auslastung eine grosse Varianz an Verbrauch aufweisen. Deshalb wurde für den Verbrauch von Diesel beim Gebrauch ein Durchschnittswert der Zahlen aus dem Paper von Carles et al. (2007) und einer Publikation von Hanler et al. (2009) verwendet. Auch diese Zahl muss sehr kritisch hinterfragt werden. Aufgrund der kurzen Transportwege mit dem Traktor fällt sie jedoch nicht so sehr ins Gewicht der gesamten Ökobilanzierung. Die Zahlen werden in Liter pro Tonnenkilometer angegeben.

Lastwagen, Schiffe und Traktoren werden fast ausschliesslich mit Diesel betrieben. Die wenigen Ausnahmen werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Das ermöglicht eine einheitliche Umrechnung von Dieserverbrauch in Energieverbrauch und CO₂ Emission.

Der Verbrauch wird in Megajoul pro Tonnenkilometer umgerechnet (MJ/tkm). Diese Umrechnung basiert auf dem spezifischen Gewicht von Diesel (840g/L) und dem Energiegehalt von 9.91 kWh/L (Internetseite 11). Der Ausstoss von CO₂ kann direkt über den Verbrauch von Diesel bestimmt werden, das Verbrennen von einem Kilogramm Diesel hat den Ausstoss von 3172g CO₂ zur Folge (Jungbluth 2003).

Der Energieverbrauch im Bahntransport hängt vor allem mit der Länge und der Auslastung der Züge zusammen. Was der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien betrifft, ist die Zusammensetzung des bezogenen Strommixes entscheidend. Für die Bahn in der Schweiz wurde der Strommix der SBB zur Berechnung verwendet, dieser besteht zu einem Grossteil aus Wasserkraft und ist nach Angaben der SBB zu 91.4% erneuerbar (Meier et al. 2017). Der Anteil nicht erneuerbaren Energien im Deutschen Strommix liegt bei 33%, das schreibt die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen des statistischen Bundesamtes in Deutschland (Internetseite 12). Beim CO₂ Ausstoss wurden die Daten aus dem Kapitel «7.4.2 Strom, Erd- und Biogas» verwendet und auf den Strommix der SBB angepasst (Anhang 10.2). Für Deutschland wurde die Zahl von 516g/kWh aus Icha et al. (2018) verwendet.

Die Angaben für den Energieverbrauch für das Elektrovelo ist ein Schätzwert auf Basis von Gesprächen mit Velohändlern und Internetrecherche. Die Zahlen variieren sehr stark nach Modell, Fahrer und Strecke. Mit 0.9kWh auf 100km ist der Verbrauch grosszügig geschätzt. Für das Elektrovelo sind beide Werte nicht auf die Tonne bezogen.

Tabelle 2: Verbrauch und CO₂ Emissionen der verschiedenen Transportmittel während des Gebrauchs. Basierend auf Spielmann et al. (2007)¹; Carles et al. (2007)²; Hanler et al. (2009)²; Meier et al. (2017)³; Internetseite 12⁴; Icha et al. (2018)⁵.

Transportmittel	Treibstoffverbrauch [L/km]	Energieverbrauch [MJ/tkm]	CO ₂ Emissionen [g/tkm]
Lastwagen 3.5 bis 20 T ⁽¹⁾	0.151	0.450	33.572
Lastwagen 20 bis 38 T ⁽¹⁾	0.210	0.312	23.314
Lastwagen Über 28 T ⁽¹⁾	0.235	0.300	17.905
Lastwagen (DE) 7.5-16 T ⁽¹⁾	0.264	0.784	58.603
	Treibstoffverbrauch [L/tkm]	Energieverbrauch [MJ/tkm]	CO₂ Emissionen [g/tkm]
Traktor ⁽²⁾	0.1	3.5676	266.448
	Treibstoffverbrauch [L/tkm]	Energieverbrauch [MJ/tkm]	CO₂ Emissionen [g/tkm]
Schiff ⁽¹⁾	0.010	0.371	27.723
	Energieverbrauch [MJ/tkm]	Davon nicht erneuerbar [MJ/tkm]	CO₂ Emissionen [g/tkm]
Bahn (CH) ^(1,3)	0.2484	0.025	1.174
Bahn (DE) ^(1,4,5)	0.14976	0.099	21.466
	Energieverbrauch (MJ/100km)	Davon nicht erneuerbar [MJ/100km]	CO₂ Emissionen [g/km]
Elektrovelo	3.240	1.231	9.885

6.4.2 Strom, Erd- und Biogas

Die Schweiz stellt rund 71% des in der Schweiz konsumierten Stroms selbst her, der Rest wird aus den Nachbarländern importiert. Der in der Schweiz konsumierte Strom setzt sich somit aus In- und Auslandproduktion zusammen und wird in der Form als Strommix bezeichnet.

Den Anteil erneuerbarer Energien liegt beim Schweizer Strommix bei 62% (Internetseite 12 und 13). Sämtliche Daten zum Stromkonsum entlang der Wertschöpfungskette werden mit dem Faktor 0.38 multipliziert um den Verbrauch nicht erneuerbarer Energien zu erhalten. Energieangaben von Strom werden üblicherweise in Kilowattstunde (kWh) angegeben, um ein Vergleich mit anderen Energieträgern zu bekommen, wird es mit dem Faktor 3.6 in Mega Joule (MJ) umgewandelt.

Um die CO₂ Emission des Schweizer Strommixes zu quantifizieren, werden die Zahlen von Frischknecht et al. (2012) verwendet. Die Datengrundlage des Berichts stammt von Ecoinvent aus dem Jahr 2007. Für die Berechnung der Emissionen des gesamten Schweizerischen Strommixes, werden die Anteile der einzelnen Technologien vom Jahr 2007 an das Jahr 2017 angepasst. Die Angaben zum Strommix von 2017 sind von Pronovo (Internetseite 14). Das

Anpassen an die neue Zusammensetzung des Strommixes ergibt durchaus Sinn, betrachtet man die Veränderungen der letzten 10 Jahre. Der Anteil an erneuerbaren Energien hat sich von 36% im Jahr 2007, auf die genannten 62% im Jahr 2017 vergrössert. Der Anteil der Wasserkraft ist von 36% auf 56% gestiegen. Die Anteile von Sonnen- und Windenergie sowie von Biomasse ist von 0.4% auf 1.38% gestiegen.

Die in der Tabelle 3 zusammengestellten Werte für die CO₂ Emissionen umfassen alle Emissionen, welche während Bau, Betrieb, Rückbau und Entsorgung der Kraftwerke und für den Transport und die Verteilung des Stroms über das Stromnetz angefallen sind. Ebenfalls enthalten ist der Abbau, der Transport, die Bereitstellung und Entsorgung der Brennstoffe.

Tabelle 3 CO₂ Emissionen des Schweizerischen Strommix. Basierend auf Frischknecht et al. (2012)¹ und Internetseite 14².

Technologie	Anteil am Lieferantenstrommix [%] ⁽²⁾	CO ₂ Emissionen [gCO ₂ /kWh] ⁽¹⁾	CO ₂ Emissionen Lieferantenstrommix Schweiz [gCO ₂ /kWh]
Inlandproduktion	70.77		
Erneuerbare Energien	53.7		
Wasserkraft	48.09		
Laufwasserkraft	48.3	3.2	1.5456
Speicherwasserkraft	47.4	10.2	4.8348
Pumpspeicherkraft	4.3	144	6.192
andere erneuerbare Energien	1.06		
Sonne	0.78	69.6	0.54288
Wind	0.05	15.8	0.0079
Biogas	0.23	65.7	0.15111
Geförderter Strom KEV	4.6		
nicht erneuerbare Energien	16.18		
Kernenergie	15.58		
Druckwasserreaktor	52.2	4.9	2.5578
Siedewasserreaktor	47.8	9.2	4.3976
Fossile Energieträger	0.6		
Erdöl	0	698	
Erdgas	0.6	516	3.096
Kohle	0	969.5	
Abfälle	0.84	0	
Importe	29.23		
Erneuerbare Energien	8.25		
Wasserkraft	7.88		
Laufwasserkraft		3.4	
Speicherwasserkraft		15.1	
Kleinwasserkraft		4.6	
Pumpspeicherkraft			

andere erneuerbare Energien	0.32		
Sonne	0.02	71.3	0.01426
Wind	0.26	10.3	0.02678
Biogas gesamt	0.04	65.7	0.02628
nicht erneuerbare Energien	1.64		
Kernenergie	1.39	7.05	0.097995
Fossile Energieträger	0.25		
Erdöl	0	858	
Erdgas	0.25	605	1.5125
Kohle		990	
Abfälle		0	
nicht überprüfbare Energieträger	19.39	438	84.9282
Alle Energieträger nach Prozentanteil			110

Um den Ausstoss von CO₂, welcher durch die Verbrennung von Erdgas oder Biogas in der Wertschöpfungskette selbst entsteht, werden die oben aufgeführten Daten zur Stromerzeugung verwendet. Die Vereinfachung ist nicht ganz korrekt, da auch der Transport des gewonnen Stroms miteinberechnet wird, aufgrund der hohen Effizienz einer grossen Erd-, bzw. Biogasanlage zur Stromgewinnung, sind die Werte wohl nicht weit entfernt von den weniger effizienten, kleineren Anlagen. Biogas wird als 100% erneuerbare Energie gewertet, Erdgas als 100% nicht erneuerbar.

6.4.3 Verpackungen

Die Verpackungsmaterialien, die in dieser Arbeit untersucht werden, sind Papier, Polyethylen und Braunglas. Die Quantifizierung des Energieverbrauchs und der CO₂ Emissionen beziehen sich bei jedem Werkstoff auf die gesamte Wertschöpfungskette, von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zum fertigen Produkt. Die Zahlen werden in Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Zahlen zum Energieverbrauch und CO₂ Emissionen von Polyethylen basieren auf dem gerundeten Mittelwert mehrerer Quellen, wobei alle Werte gleich gewichtet werden.

Beim Energieverbrauch wurden sieben Quellen miteinbezogen, welche Werte von 64 MJ/kg bis 84 MJ/kg aufweisen. Für die Quantifizierung der CO₂ Emissionen wurden 5 Studien beigezogen, die Varianz liegt zwischen 1050 und 2200 gCO₂/kg. Zu erwähnen ist hier Patel et al. (2001), in dieser Arbeit werden die eigenen Resultate mit deren 4 weiterer Studien verglichen und Boehme et al. (2003). Die Daten von Patel et al. stammen aus Deutschland 1990, während die Daten bei Boehme et al. auf einer BUWAL Studie von 1991 aus der Schweiz basiert. Die BUWAL Studie selbst ist leider nicht zugänglich. Der Datenbestand ist alt, der Prozess zur Gewinnung von Polyethylen ist jedoch immer noch der gleiche. Es ist vorstellbar,

dass die Prozessschritte effizienter wurden und somit der Energieverbrauch wie auch die Emission von CO₂ heruntergesetzt werden konnten. Aus den Metadaten dieser Arbeiten geht hervor, dass nur ein verschwindend kleiner Teil der Energie aus nicht fossilen Energieträgern stammt, die verbrauchte Energie wird somit zu ihrem vollen Anteil als nicht erneuerbar angeschaut. Polyethylen kommt in unterschiedlicher Form vor und weist davon abhängig unterschiedliche Dichten auf. Verpackungsfolien sind mehrheitlich aus «high density polyethylen», diese weisen eine Durchschnittliche Dichte von 950kg/m³ und eine Dicke von 0,05mm auf (Elsner et al. 2008).

Die Datengrundlage für das Verpackungspapier liefert Hischier et al. (2005). In dieser öffentlich zugänglichen Publikation werden Zahlen von Ecoinvent aus dem Jahr 2004 diskutiert. Die Daten beziehen sich auf die Papierproduktion in der Schweiz und es ist ersichtlich, dass rund 10% der aufgewendeten Energie erneuerbar ist. Es gibt unterschiedliche Papiere, welche sich zum Verpacken eignen, in dieser Arbeit wird aufgrund der Datengrundlage von ungebleichtem Kraftpapier ausgegangen. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Papierarten sind überschaubar. Entscheidend bei Kraftpapier ist, dass es nicht aus Recyclingpapier hergestellt werden kann, da dafür die Fasern bei diesem Prozess beschädigt werden und zu kurz werden, um die notwendige Festigkeit zu garantieren. Die Dichte von Kraftpapier für Verpackungen beläuft sich im Schnitt auf 90g/m², mit dieser Angabe ist auch bereits die Dicke des Papiers vorgegeben (Internetseite 15).

Die Zahlen für Braunglas basieren auf einer BUWAL Studie von 1995, diese ist aber wie im Falle von Polyethylen nicht zugänglich, weshalb auf eine Arbeit von Grabow et al. (2003) zurückgegriffen wird, die diese Zahlen aufnimmt. Durch das Verwenden von Recyclingglas kann der Ressourcen- und Energieverbrauch markant heruntergesetzt werden. Bei Braunglas kann bis zu 70% Altglas verwendet werden, die Studie geht von einem effektiven Altglasanteil von 61% aus. Die spezifische Dichte wurde in dieser Arbeit nicht ermittelt, für die Bilanzierung wurde das effektive Gewicht der Glasflasche des Rapsöls gemessen.

Tabelle 4 Umweltauswirkungen Verpackungen. Basierend auf Patel et al. (2001)¹; Hischier et al. (2005)²; Grabow et al. (2003)³.

	Verbrauch nicht erneuerbarer Energien [MJ/kg]	Kohlenstoffdioxidemissionen [g/kg]
Polyethylen ⁽¹⁾	74	1517
Kraftpapier ⁽²⁾	15.41	760
Braunglas ⁽³⁾	12.92	763

7. Ergebnisse

In einem ersten Schritt werden die Wertschöpfungsketten der einzelnen Produkte wie sie aus den Interviews gewonnen wurden, wiedergegeben. Dies beinhaltet insbesondere Angaben zu Distanzen, Transportmittel, Produktionsart, sowie zu den Quellen der jeweiligen Angaben.

In einem zweiten Schritt werden die Daten der Ökoinventare auf die Sachbilanzen angewendet und auf die funktionelle Einheit von jeweils einem Kilogramm Weissmehl oder Rapsöl bezogen. Für eine Übersicht über die Verarbeitungsprozesse und die Menge an benötigtem Weizen bzw. Raps für ein Kilogramm Endprodukt siehe *Kapitel 5.2* bzw. *5.3*.

7.1 Wertschöpfungskette Weissmehl verpackt

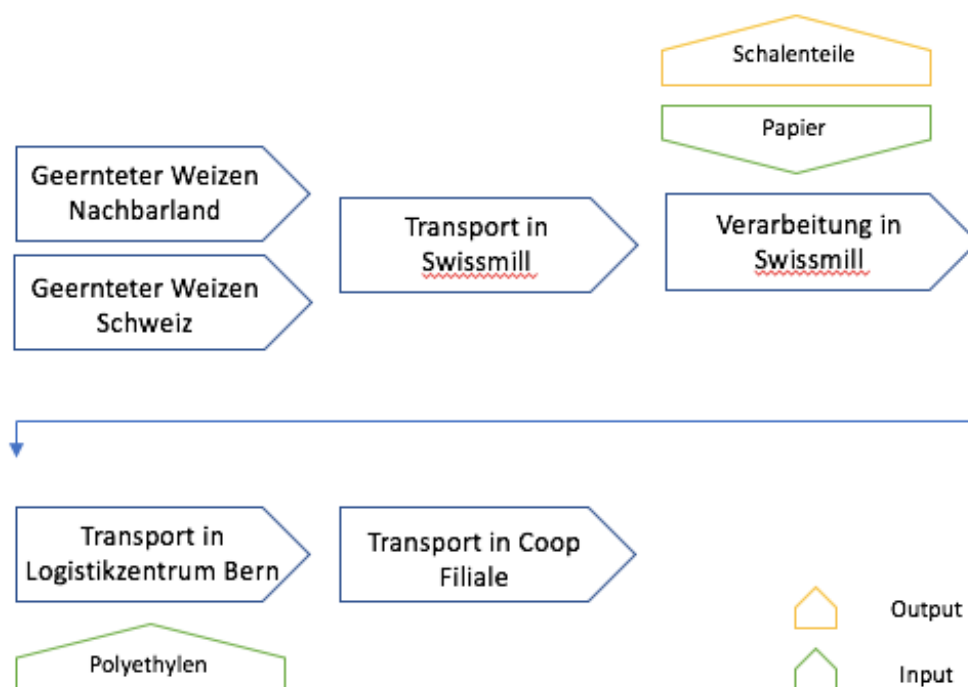


Abbildung 4 Wertschöpfungskette Weissmehl verpackt

Abbildung 4 illustriert die Wertschöpfungskette des Weissmehles aus der Swissmill mit den dazugehörenden In- und Outputs. Da in der Schweiz nach Angaben der Swissmill zu wenig Bio Weizen angebaut wird, importiert die Swissmill 85% des Getreides aus den Nachbarländern Deutschland und Österreich. Das Getreide kommt in der Swissmill lose in Güterwägen an. Die Reise des Getreides beginnt nach der Ernte bereits mit dem Transport zu Sammel- und Verteilzentren. Die Angaben zu den Distanzen sind, wenn nicht anders vermerkt, geschätzt. Die Schätzungen basieren auf Messungen mit Google Maps und den Aussagen aus den Experten Befragungen (Tab.5).

Tabelle 5 Entfernung und Transportmittel des Getreidetransport zur Swissmil, basierend auf Schätzungen, Experteninterviews und Bystricky et al. (2015: S.67)¹ sowie google.ch/maps².

Transport nach	Transportmittel	Geschätzte Distanz [km]
Sammelstelle	Traktor	25 ⁽¹⁾
Verteilzentrum	Lastwagen 7.5-16 Tonnen	100
Schweiz	Bahn (90%)	440
	Schiff (10%)	50
Swissmill	Bahn	90 ⁽²⁾
Logistikzentrum	Lastwagen 20-28 Tonnen	125 ⁽²⁾
Coop Filiale	Lastwagen 3.5-20 Tonnen	8 ⁽²⁾

In der Swissmill durchläuft das Getreide die Prozesskette bis hin zum fertig verpackten Mehl. Für die Berechnung des Strom-, Erd- und Biogasverbrauchs stellte die Swissmill ausführliche Verbrauchsdaten zur Verfügung (vertrauliche Angaben). Die Daten sind monatlich aufgelöst und für jeden einzelnen Prozessschritt verfügbar. Die Swissmill verarbeitet jährlich rund 220'000 Tonnen Getreide. Der Energieverbrauch und die CO₂ Emissionen konnte somit auf das Kilogramm Weissmehl ausgerechnet werden. Die Schalenteile, welche ein Nebenprodukt des Mahlvorgans sind, werden in Futtermühlen weiterverarbeitet und zur Tierfütterung verwendet. Der Abtransport der Schalenteile wird nicht in die Wertschöpfungskette des Weissmehls mitgerechnet.

80% des Mehls verlassen die Swissmill unverpackt und wird an Grosskunden wie Bäckerein geliefert. Das Mehl, welches im Coop erhältlich ist, wird in ein Kilogramm Papiersäcke verpackt, welche für den Transport zu zehnt in Plastikfolie zusammengepackt werden. Dabei wird pro Kilogramm Weissmehl 6.5 Gramm Papier und 2 Gramm Polyethylen (Plastik) verbraucht.

Das fertig verpackte Weissmehl wird mit dem Lastwagen der Kategorie 20-28T in das 125 Kilometer entfernte Logistikzentrum der Region Bern von Coop gefahren. Von da erfolgt ein letzter Transport in eine Filiale von Coop in der Stadt Bern, die Distanz liegt bei acht Kilometer, transportiert wird mit einem Lastwagen der Kategorie 3.5-20T.

Tabelle 6 fasst den Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien und die CO₂ Emissionen für die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette zusammen.

Tabelle 6 Ergebnisse Weissmehl verpackt

		Verbrauch nicht erneuerbare Energien [MJ/kg Endprodukt]	CO2 Emissionen [g/kg Endprodukt]
Transport Getreide zur Swissmill	85% Nachbarländer	0.467	39.879
	15% Schweiz	0.141	7.567
Transport Getreide zur Swissmill	Total	0.418	35.032
Verarbeitung Swissmill	Total	0.288	29.593
Verpackungsmaterialien	Total	0.251	8.089
Transport Verteilerzentrum	Total	0.039	2.914
Transport Coop	Total	0.004	0.267
Gesamte Wertschöpfungskette		0.999	75.896

Auf der gesamte Wertschöpfungskette werden für ein Kilogramm Weissmehl rund ein Megajoul an nicht erneuerbarer Energie verbraucht und 76 Gramm CO₂ ausgestossen. Der Transport zur Swissmill macht 42% des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien und 46% der CO₂ Emissionen aus. Der Transport ab der Swissmill in eine Coop Filiale nur 4%. Das Verpackungsmaterial ist der dritt grösste Posten und macht rund ein Viertel des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien und 11% der CO₂ Emissionen aus (Abb. 5 und 6).

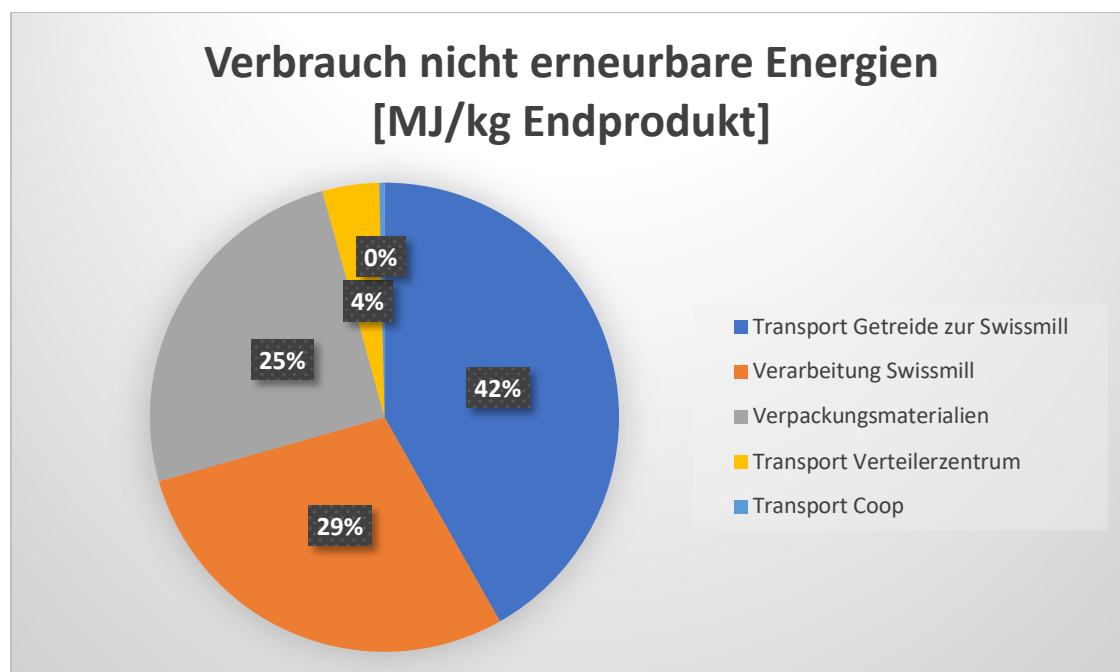


Abbildung 5 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette für verpacktes Weissmehl

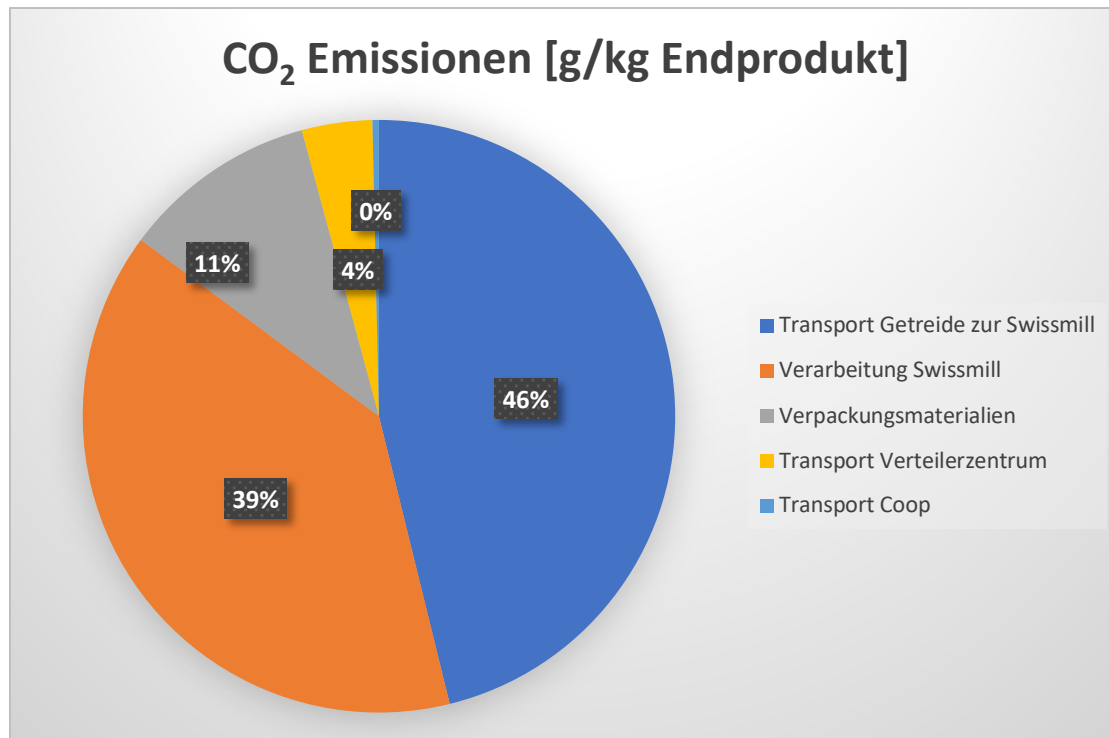


Abbildung 6 Prozentanteil CO₂ Emissionen einzelner Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Weissmehl

7.2 Wertschöpfungskette Weissmehl unverpackt

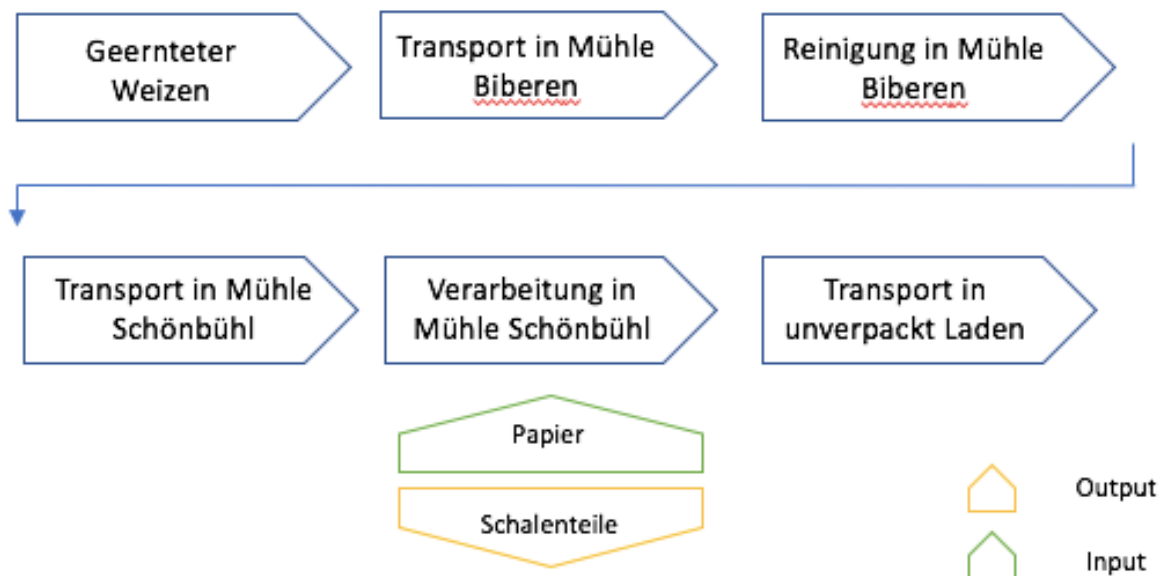


Abbildung 7 Wertschöpfungskette Weissmehl unverpackt

Da die Mühle Schönbühl keine Infrastruktur zu Grobreinigung der Weizenernte hat, geschieht dieser Produktionsschritt in der Mühle Biberen. Diese Mühle wird von den Bauern direkt beliefert, der Transport geschieht mit dem Traktor, die durchschnittliche Distanz beträgt 15km.

Der Verbrauch an Energie für die Reinigung in der Mühle Biberen wird anhand der Verbrauchswerte der Swissmill errechnet, sie beläuft sich auf rund 4.5% des Stromverbrauchs der gesamten Produktionsschritte. Von der Mühle Biberen wird das grob gereinigte Getreide mit dem Lastwagen (Kategorie 3.5-20 Tonnen) 5 km bis zur Mühle Schönbühl transportiert. Die Mühle wird ausschliesslich mit Strom betrieben und verbraucht im Jahr rund 21500 kWh Strom, diese Menge wird auf die Produktion von 80'000 Tonnen im Jahr verteilt. Die Schalenteile kommen unverpackt zurück an die Mühle Biberen. Das Weissmehl wird in 25kg Papiersäcke verpackt, diese werden auf Wunsch der Unverpackt-Läden so oft wie möglich wiederverwendet, im Durchschnitt sind das fünfmal. Das abgepackte Mehl wird in die 25km entfernten Unverpackt-Läden transportiert, die Durchschnittliche Ladung beträgt 800kg. Abbildung 7 fasst die Wertschöpfungskette grafisch zusammen, die Zahlen zum Energieverbrauch und CO₂ Ausstoss sind in Tabelle 7 ersichtlich.

Tabelle 7 Ergebnisse Weissmehl unverpackt

	Verbrauch nicht erneuerbare Energien [MJ/kg Endprodukt]	CO₂ Emissionen [g/kg Endprodukt]
Transport Hof-Reinigung	0.091	6.794
Reinigung	0.013	5.160
Transport Reinigung - Mühle	0.004	0.284
Vermahlung	0.369	29.648
Verpackungsmaterial	0.015	0.722
Transport Unverpackt-Läden	0.069	5.162
Gesamte Wertschöpfungskette	0.561	47.771

Auf der gesamte Wertschöpfungskette werden für ein Kilogramm Weissmehl rund ein halbes Megajoul an nicht erneuerbarer Energie verbraucht und 47 Gramm CO₂ ausgestossen. Der grösste Verbraucher von nicht erneuerbarer Energie ist die Vermahlung mit rund 66%. An den CO₂ Emissionen hält sie 62% Anteil, mit der Reinigung sogar 73%. Die Verpackungen machen 3 bzw. 1% aus. Der Transport in die Unverpackt-Läden macht rund 12, bzw. 11% aus (Abb.8 und 9).

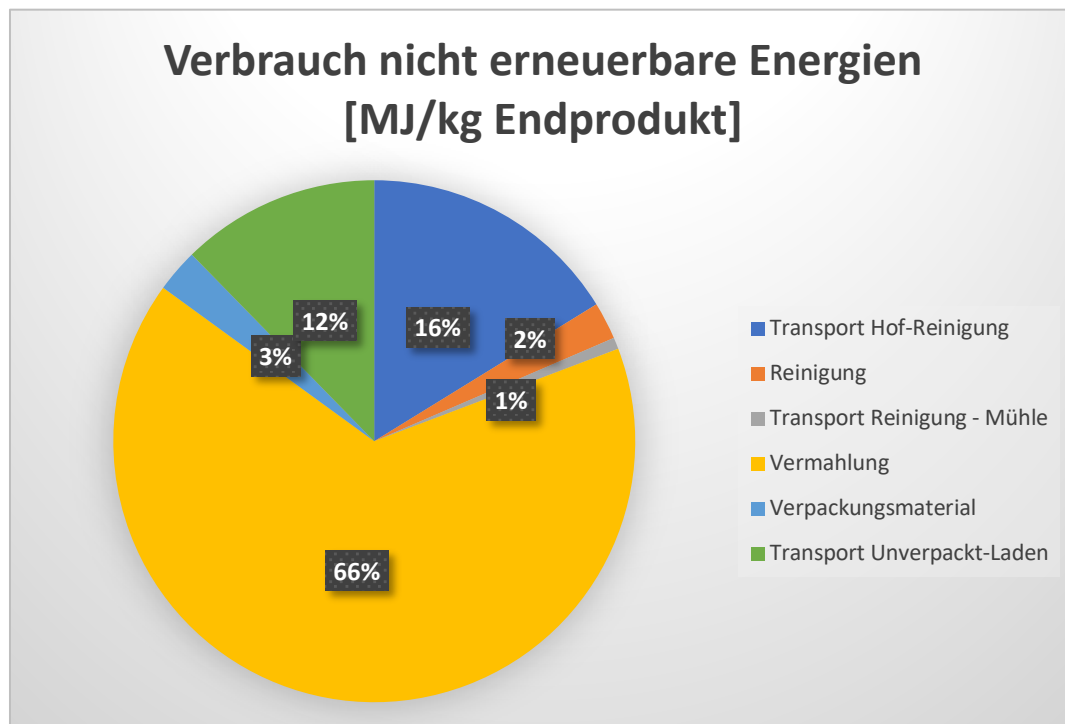


Abbildung 8 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette für unverpacktes Weismehl

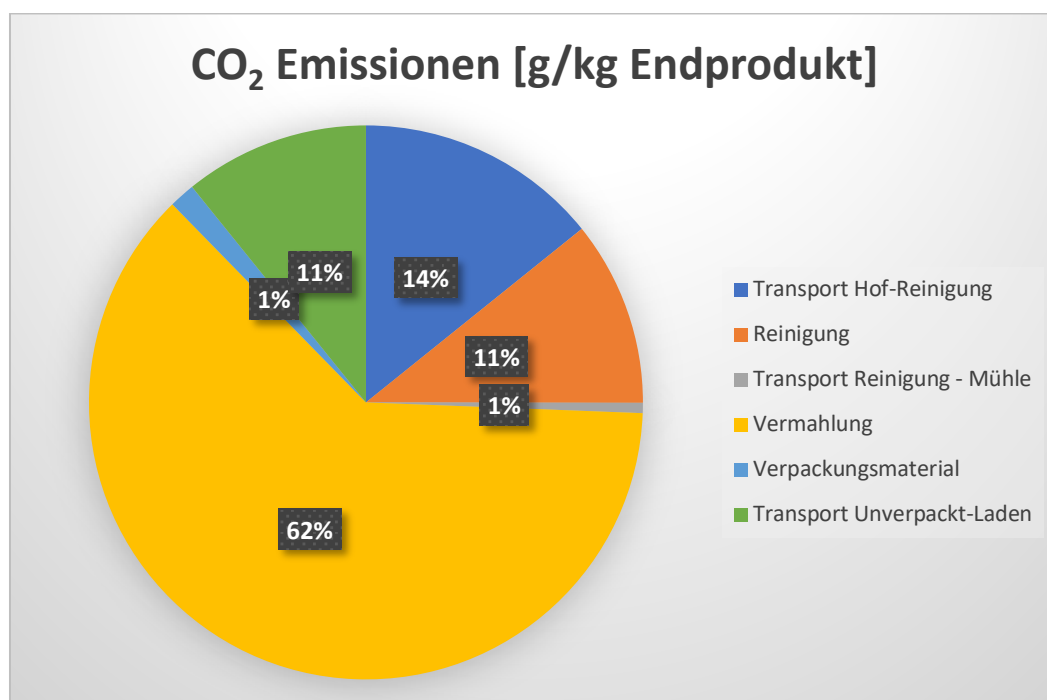


Abbildung 9 Prozentanteil CO₂ Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Weismehl

7.3 Wertschöpfungskette Weissmehl im Vergleich

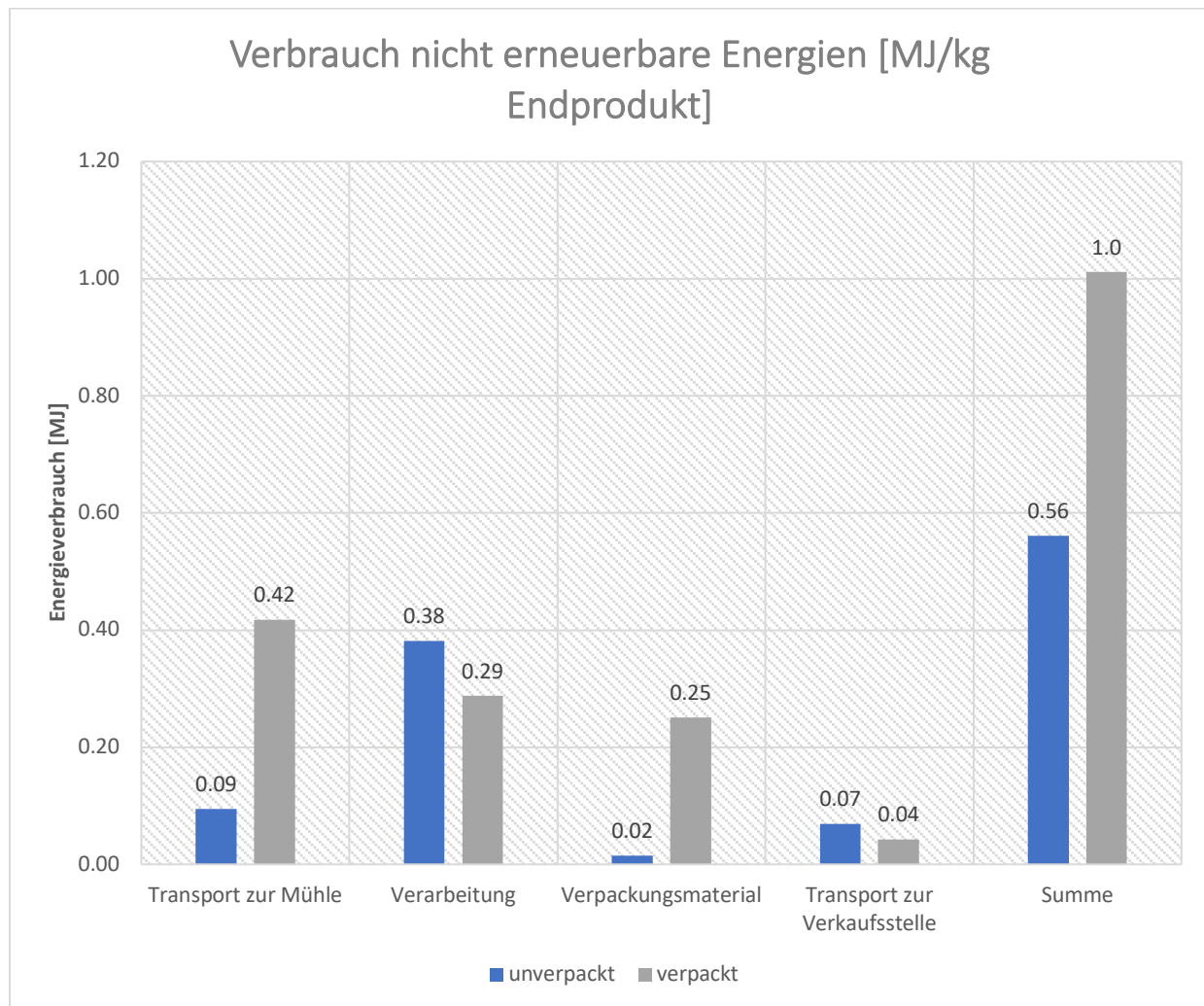


Abbildung 10 Verbrauch nicht erneuerbarer Energien von Weissmehl im Vergleich

In der Summe ist der Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien gemessen in Megajoul/kg beinahe doppelt so hoch bei dem untersuchten verpackten Weissmehl, im Vergleich zu unverpacktem. Bezüglich der Verpackung weist das unverpackte Weissmehl mit einem 0.23 MJ/kg kleineren Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien, nur 8% des Energiebedarfs des verpackten Weissmehls auf. Der grösste absolute Unterschied findet sich in der Summe beider Transporte, dieser beläuft sich auf 0.3 MJ/kg. Die Verarbeitung unterscheidet sich um 0.09 MJ/kg, das verpackte Weissmehl weist hier, wie auch beim Transport in die Verkaufsstelle, einen tieferen Wert auf (Abb.10).

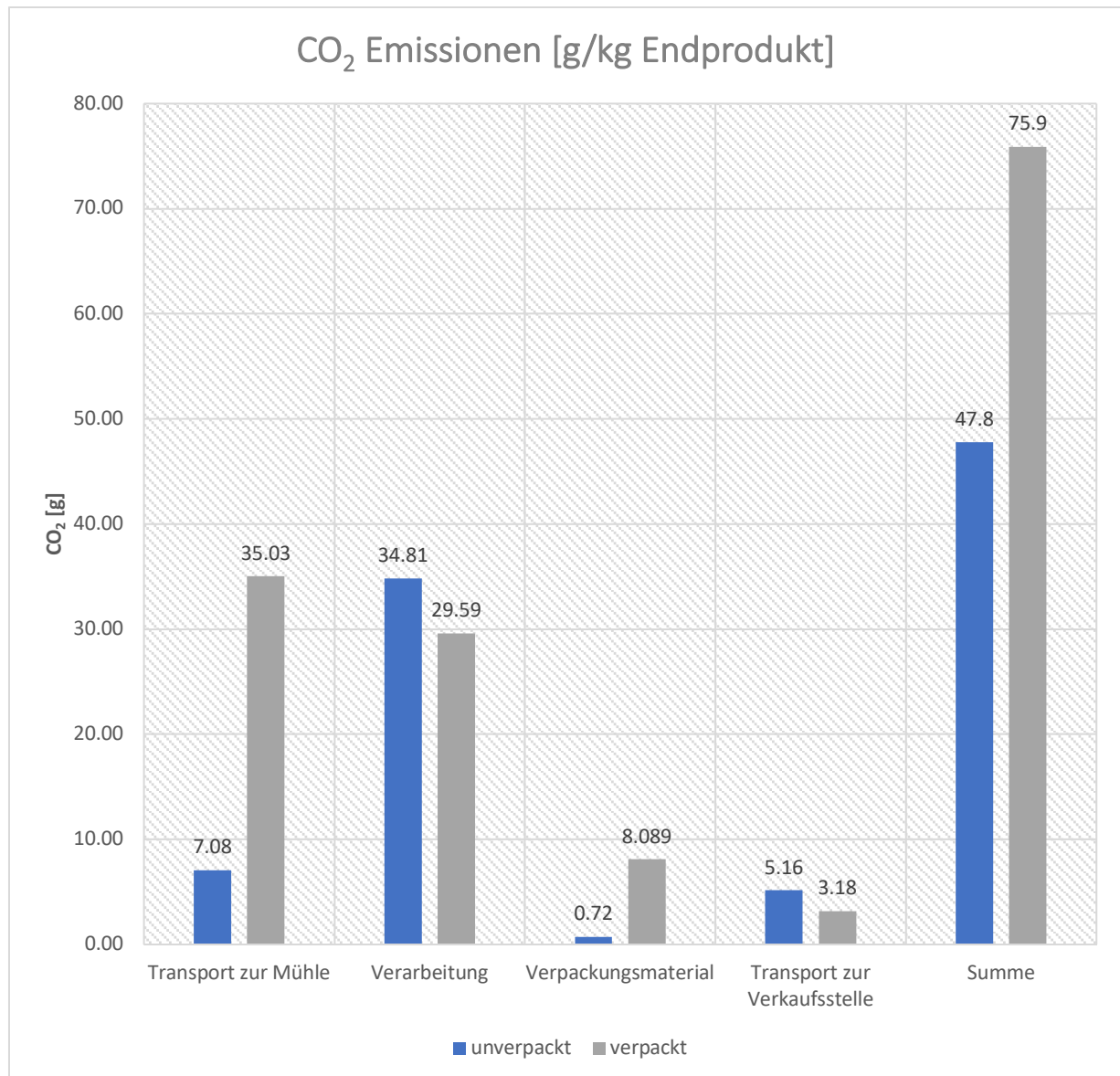


Abbildung 11 CO₂ Emissionen der Wertschöpfungsketten von Weissmehl im Vergleich

Das Bild der CO₂ Emissionen entspricht bezüglich der Differenzen mehr oder weniger dem des Verbrauchs von nicht erneuerbaren Energien. Bei der Verpackung besteht ein Unterschied von rund 7.4g CO₂, im gesamten Transport rund 26g. In der Verarbeitung liegen die CO₂ Emissionen des unverpackten Weissmehls um 5.2g höher als die des verpackten. In der Summe liegen die Einsparnisse des unverpackten Weissmehls im Vergleich zum Verpackten bei rund 35% (Abb.11).

7.4 Wertschöpfungskette Rapsöl verpackt

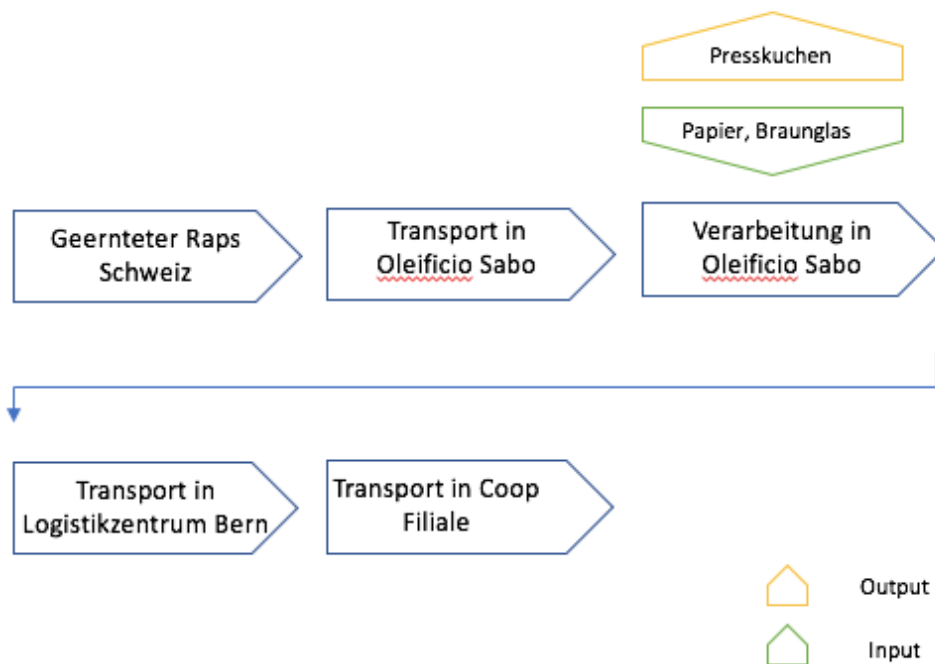


Abbildung 12 Wertschöpfungskette Rapsöl verpackt

Da kein Kontakt zur Produktionsstätte Oleificio Sabo hergestellt werden konnte, beruhen die folgenden Werte auf Quellen wissenschaftlicher Art und aus dem Internet, sowie eigenen Schätzungen, basierend auf den Erfahrungen der Wertschöpfungsketten der untersuchten Produkte. Die Wertschöpfungskette wird in Abbildung 12 zusammengefasst.

Im Bio Rapsöl von Coop wird nach eigenen Angaben ausschliesslich Bio Raps aus der Schweiz verwendet und von der Oleificio Sabo in Horn am Bodensee verarbeitet. Die Transportentfernungen vom Hof zur Presse basieren auf Schätzungen und sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8 Entfernungen und Transportmittel des Rapstransportes zur Oleificio Sabo. Basierend auf Schätzungen und Google Maps⁽¹⁾

Transport nach	Transportmittel	Geschätzte Distanz [km]
Sammelstelle	Traktor	10
Verteilzentrum	Lastwagen 3.5-20 Tonnen	50
Oleificio Sabo	Bahn	100
Logistikzentrum	Lastwagen 20-28 Tonnen	220 ⁽¹⁾
Coop Filiale	Lastwagen 3.5-20 Tonnen	8 ⁽¹⁾

Die Menge an Energie, welche für die Kaltpressung von Rapsöl und dessen Reinigung benötigt wird, ist aus Schmid (2007) entnommen und beläuft sich auf 620 MJ pro Tonne Rapsöl. Die

Energie setzt sich zu 495 MJ aus Elektrizität und 125 MJ Erdgas zusammen, die Daten beziehen sich auf Rapspressen in Dänemark (ebd). Die Werte liegen im gleichen Spektrum wie jene der Swissmill. Auch wenn es sich um beim Mahlen und dem Pressen um zwei verschiedene Prozesse handelt ist ein Vergleich nicht aus der Luft gegriffen, zumal es sich bei beiden Prozessen um die Verarbeitung von Getreidekörnern ohne das Zuführen von Wärme handelt. Das Verpacken geschieht in der Oleificio selbst, das Öl wird in 500ml Glasflaschen zu 334 g abgefüllt (eigene Messung). Ein kg Rapsöl entspricht 1.1 L (eigene Messung), die Menge an Glas für die Verpackung von einem kg Rapsöl somit auf 735g².

Der Transportweg von der Mühle zum Logistikzentrum des Coops in Bern ist 220 km lang, es wird vermutet, dass dieser Transport mit Lastwagen aus der Kategorie 20-28 Tonnen gemacht wird. Es wird weiter angenommen, dass der Transport vom Logistikzentrum Bern, in eine 8 km Coop Filiale in der Stadt, mit einem Lastwagen der Kategorie 3.5-20 Tonnen geschieht (Tab.8).

Tabelle 9 Ergebnisse Weissmehl verpackt

	Verbrauch nicht erneuerbare Energien [MJ/kg Endprodukt]	CO₂ Emissionen [g/kg Endprodukt]
Transport Raps zur Presse	0.249	13.354
Verarbeitung	0.313	33.019
Verpackungsmaterialien	9.000	560.805
Transport Verteilerzentrum	0.114	8.514
Transport Coop	0.006	0.443
Gesamte Wertschöpfungskette	9.682	616.136

Auf der gesamte Wertschöpfungskette werden für ein Kilogramm Rapsöl rund 9.5 Megajoul an nicht erneuerbarer Energie verbraucht und 616 Gramm CO₂ ausgestossen (Tab.9). Der grösste Verbraucher von nicht erneuerbarer Energie ist mit 93% Anteil an dem gesamten Verbrauch das Verpackungsmaterial. Bei den CO₂ Emissionen macht das Verpackungsmaterial 91% aus. Der Transport zur Presse und die Verarbeitung machen je 3 % am Gesamtenergieverbrauch und 2 bzw. 5 % an den CO₂ Emissionen aus (Abb. 13 und 14).

² Glas 500ml * 2.2 = 1100 = 1kg Rapsöl demensprechend 334g Glas * 2.2 = 735g Glas

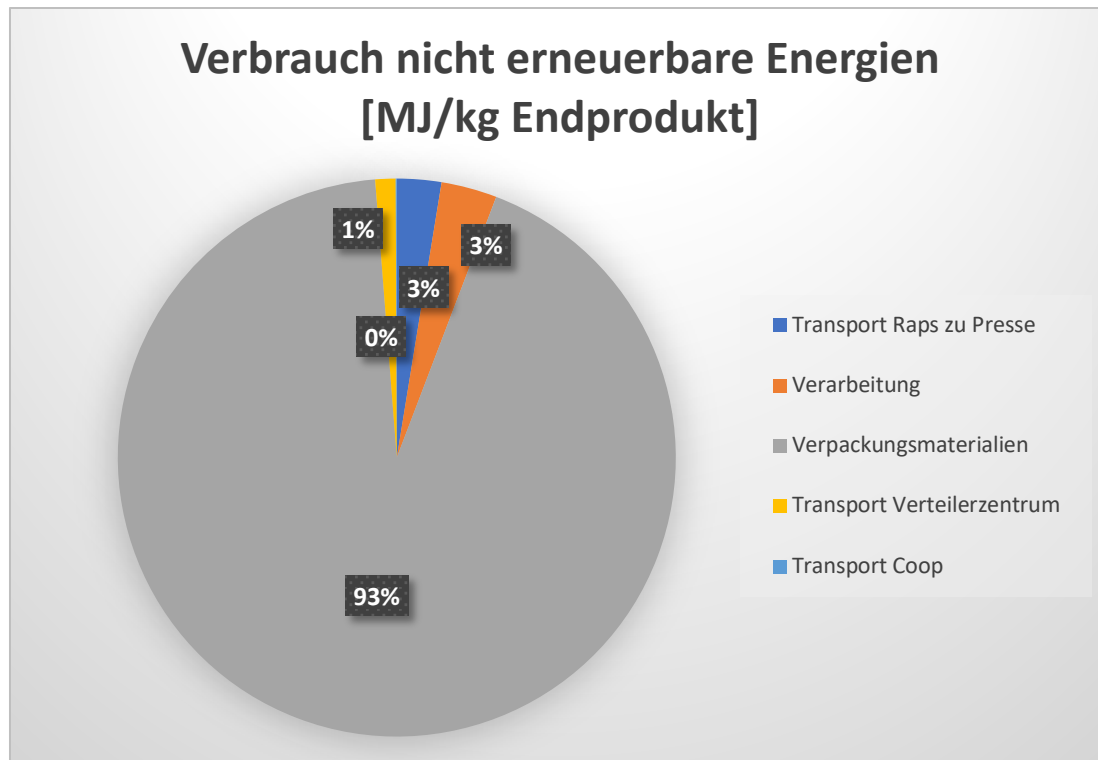


Abbildung 13 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl

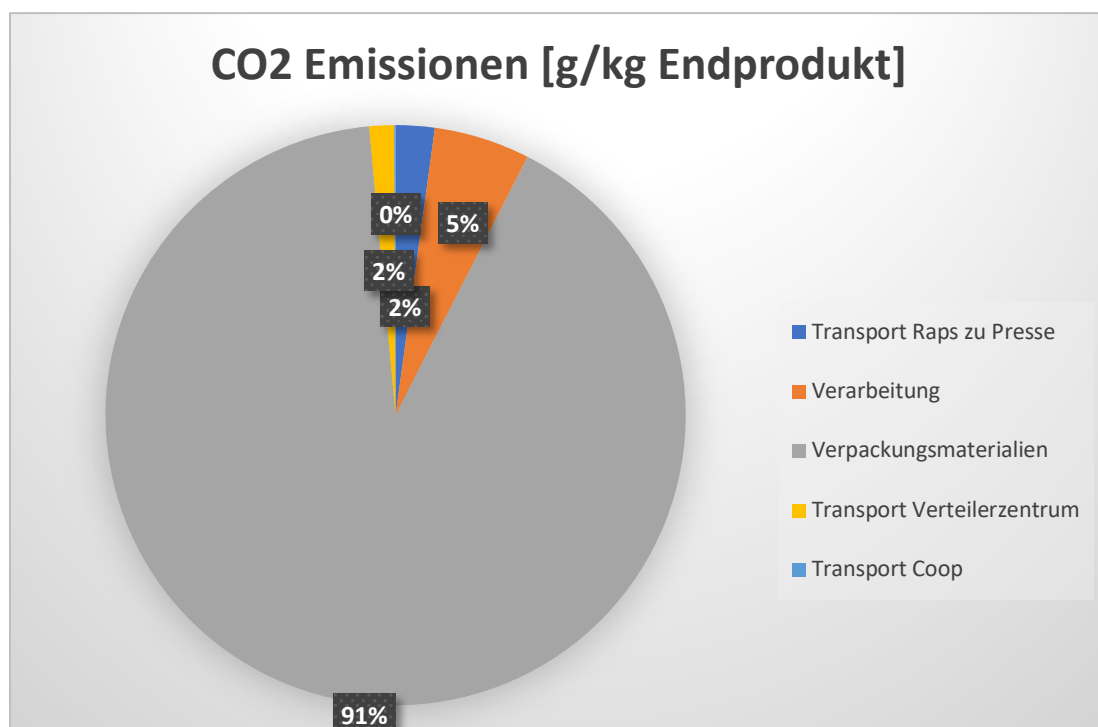


Abbildung 14 Prozentanteil der CO₂ Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl

7.5 Wertschöpfungskette Rapsöl unverpackt

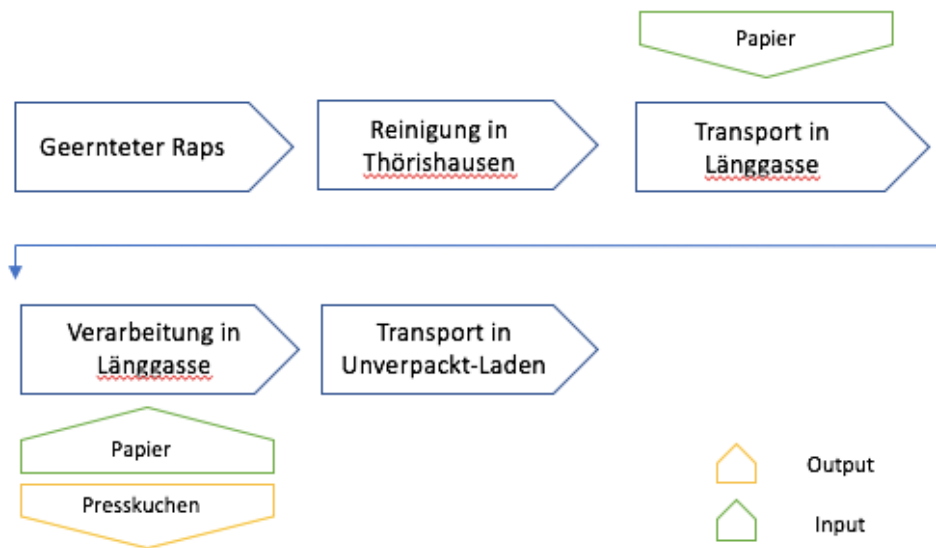


Abbildung 15 Wertschöpfungskette Rapsöl unverpackt

In Thörishaus wird jedes Jahr ca. 1 Tonne Bio Raps geerntet, dieser wird auf dem Hof von Hand gereinigt. Die Reinigung wird als «röndele» bezeichnet und funktioniert mit einem Luftstrom, welcher unerwünschte Teile wie z.B. die Stängel der Rapspflanze oder Steine entfernt. Da dies Handarbeit ist, fällt kein Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien und keine Emission von CO₂ an. Für den Transport werden die Rapssamen in 25kg Papiersäcke verpackt, diese werden im Durchschnitt zehnmal wiederverwendet. Da bei der Kaltpressung für ein kg Rapsöl drei kg Rapssamen benötigt werden, wird die Menge an Papier für 3 kg Rapssamen berechnet und wiederum auf 10 Verpackungen aufgeteilt. Dies gilt auch für den Transport in die Presse.

Der Transport der Rapssamen in die 10.5 km Entfernte Presse in der Länggasse geschieht mit einem Elektrovelo. Die Durchschnittliche Transportmenge beträgt 100 kg.

Die eigentliche Produktion geschieht in dem Fitnesscenter, ausser für die Beleuchtung wird dabei keine nicht erneuerbare Energie verwendet. Diese Energie wird auf 14.4 kWh im Jahr geschätzt, dies basiert auf einer 80 Watt Beleuchtung welche während 30 Wochen im Jahr, an jeweils zwei Tagen von 17.00 bis 20.00 in Betrieb ist. Die Reinigung des Öls geschieht mittels Sedimentation und verbraucht ebenfalls keine nicht erneuerbare Energie. Als Nebenprodukt zum Öl entsteht ein Presskuchen, dieser dient der Fütterung von Rindern auf dem Thörishof. Der Presskuchen wird in 25kg Papiersäcken verpackt, diese werden zweimal wiederverwendet. Pro kg Öl fallen 2kg Presskuchen an. Der Transport nach Thörishaus wird nicht mit einberechnet.

Das gefilterte Rapsöl wird in 15L Plastikkanister abgefüllt und mit dem Elektrovelo in die durchschnittlich 3km entfernten Unverpackt-Läden gefahren. Die Plastikkanister werden auf unbegrenzte Zeit wiederverwendet. Die Auslastung des Transports liegt bei 30kg. Die Wertschöpfungskette wird grafisch in Abbildung 15 und numerisch in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10 Ergebnisse Rapsöl unverpackt

	Verbrauch nicht erneuerbare Energien [MJ/1kg Endprodukt]	CO₂ Emissionen [g/1kg Endprodukt]
Reinigung	0.000	0.000
Verpackungsmaterial	0.022	1.088
Transport Reinigung - Presse	0.010	0.311
Pressung	0.050	4.793
Verpackungsmaterial Presskuchen	0.073	3.612
Transport Unverpackt-Laden	0.004	0.439
Gesamte Wertschöpfungskette	0.159	10.243

Auf der gesamte Wertschöpfungskette werden für ein Kilogramm Rapsöl rund 0.16 Megajoul an nicht erneuerbarer Energie verbraucht und 10 Gramm CO₂ ausgestossen (Tab. 10). 60% des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien und 46% der CO₂ Emissionen beruhen auf dem Einsatz von Verpackungsmaterial. Der Energieverbrauch der Pressung, der einzig auf der Beleuchtung basiert, beträgt 31% des Gesamtenergieverbrauchs. Beim CO₂ macht die Pressung 47% aus (Abb.16 und 17).

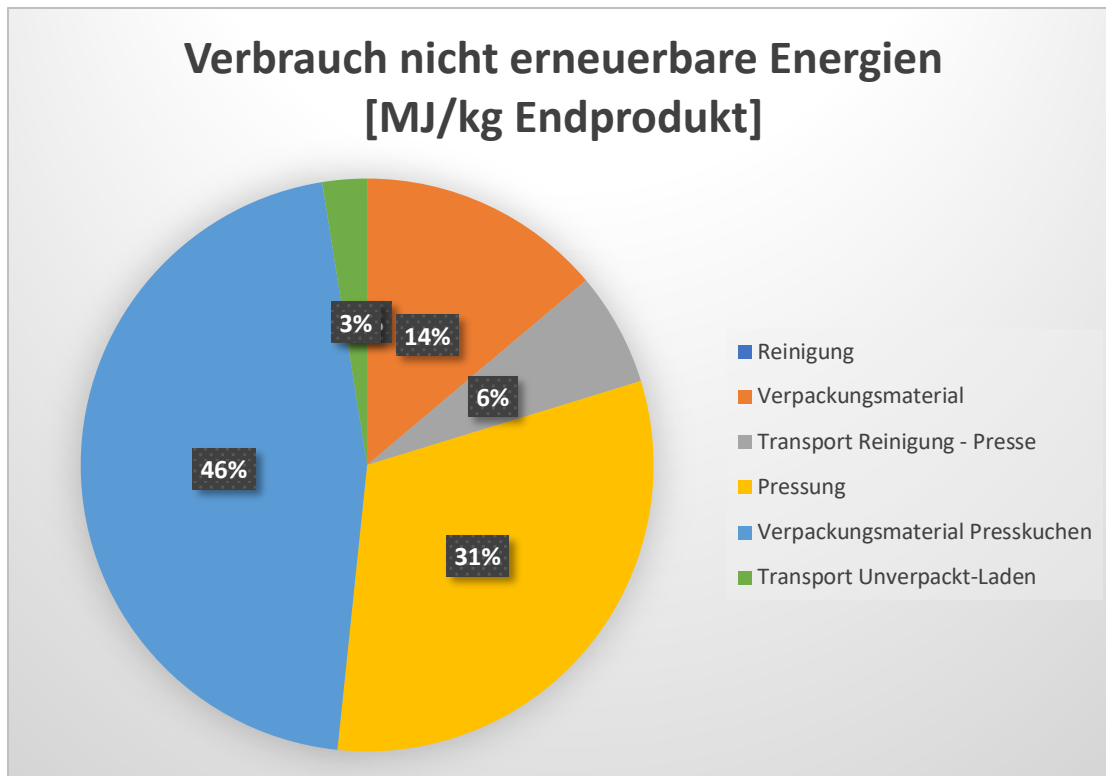


Abbildung 16 Prozentanteil des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien einzelner Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl

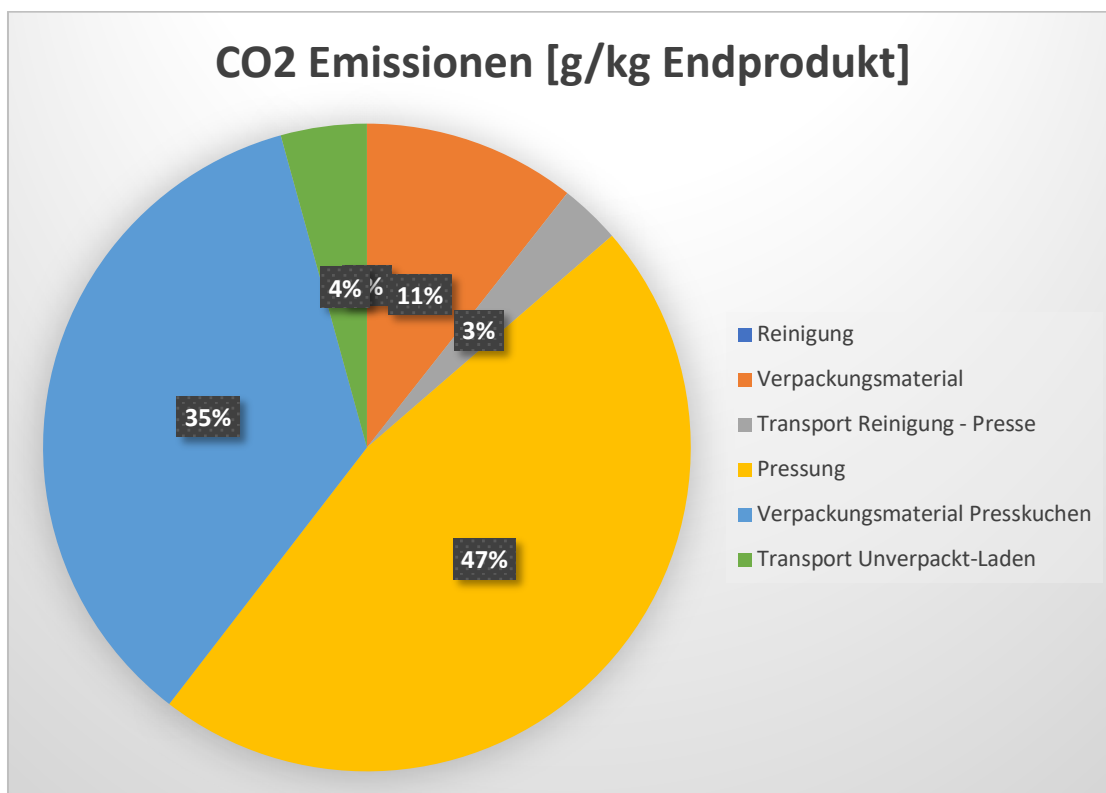


Abbildung 17 Prozentanteil der CO2 Emissionen der einzelnen Teile der Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl

7.6 Wertschöpfungskette Rapsöl im Vergleich

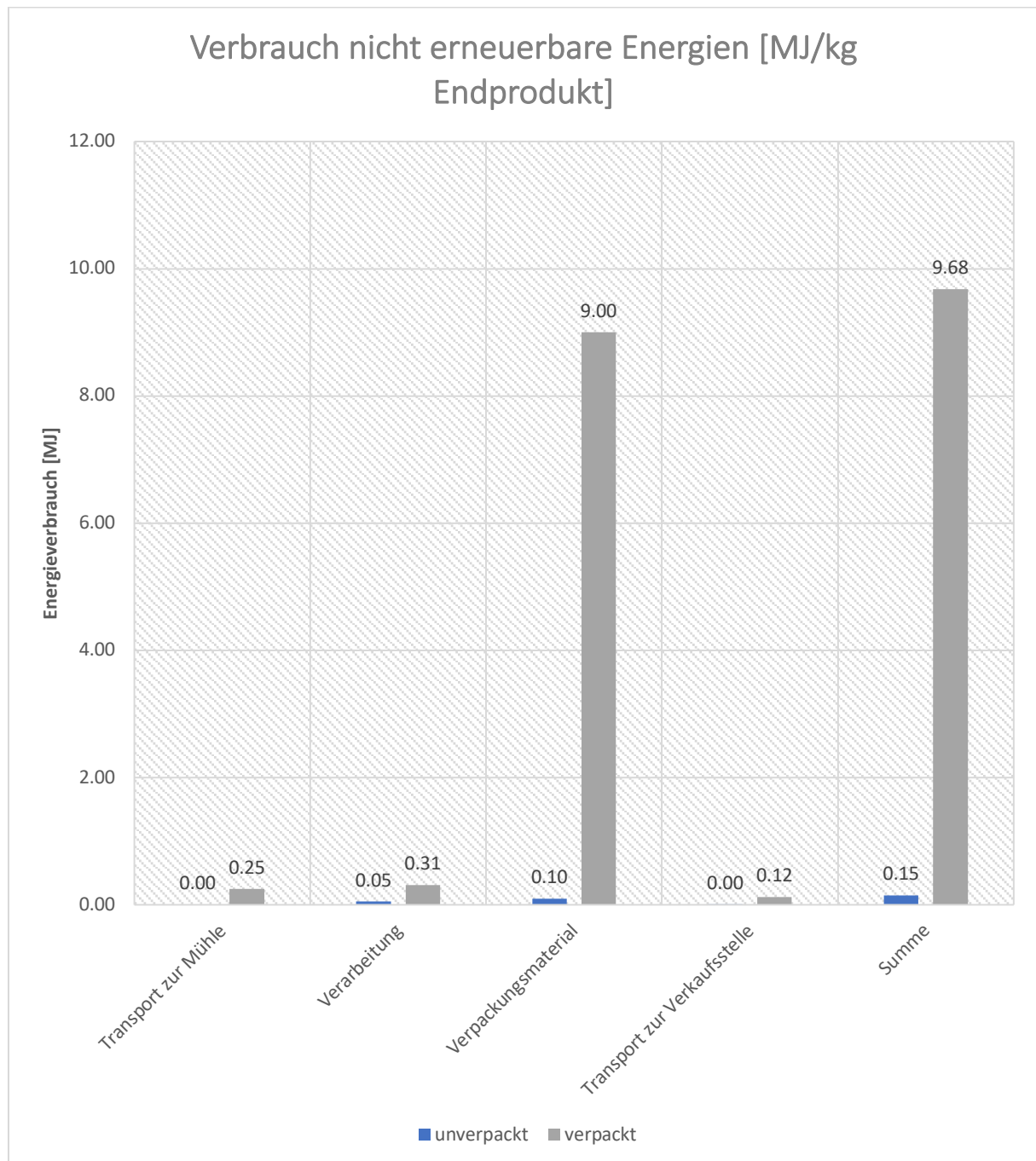


Abbildung 18 Verbrauch nicht erneuerbarer Energien der Wertschöpfungsketten von Rapsöl im Vergleich

Das verpackte Rapsöl weist in allen Teilen der Wertschöpfungskette den höheren Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien auf. Der offensichtlich grösste Unterschied zwischen den zwei Wertschöpfungsketten liegt im Verpackungsmaterial. In der Summe resultiert ein beinahe 65-mal grösserer Wert für verpacktes zu unverpacktem Rapsöl und ein absoluter Unterschied von beinahe 9 Megajoul. Im gesamten Transport resultieren Einsparungen von rund 0.4MJ, in der Verarbeitung eine Einsparung von 0.25MJ (Abb. 18).

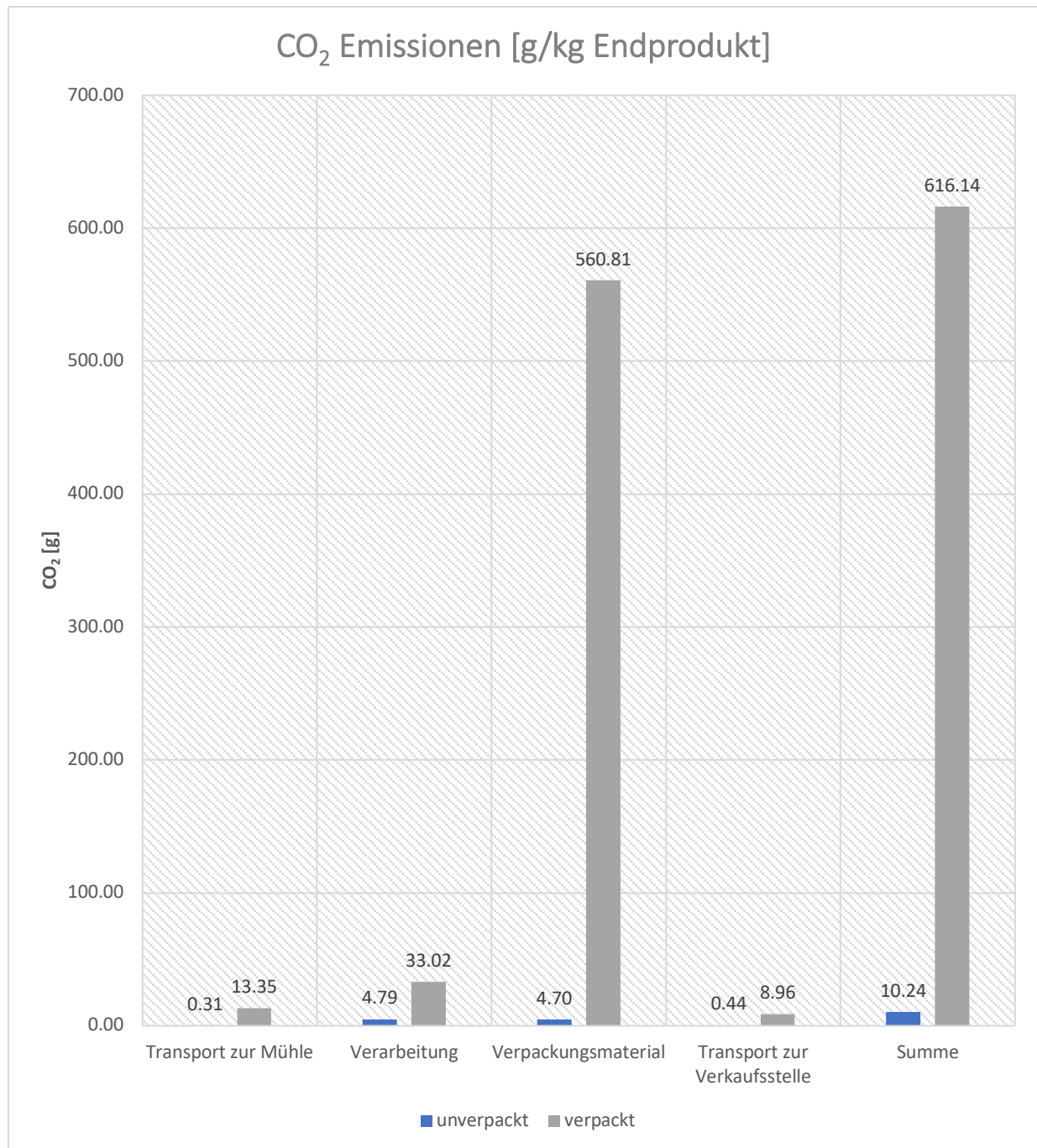


Abbildung 19 CO₂ Emissionen der Wertschöpfungsketten von Rapsöl im Vergleich

In der Summe weist die Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl 60-mal geringere CO₂ Emissionen auf als die von verpacktem. Die Einsparungen sind somit etwas kleiner als bei dem Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien. Weitere Einsparungen von CO₂ Emissionen der Wertschöpfungskette von unverpacktem Weismehl finden sich im Transport und der Verarbeitung: 13g beim Transport zur Mühle und 8.5g beim Transport zur Verkaufsstelle, bei der Verarbeitung resultiert eine Einsparung von rund 28g CO₂ (Abb. 19).

8. Diskussion

Aufgrund der teilweise fehlenden Daten oder den alten Quellen wurde bei der Beschreibung der Ökoinventare und der Sachinventare darauf aufmerksam gemacht, dass die Ergebnisse nur mit der nötigen Vorsicht zu interpretieren sind. Beim Betrachten der Vergleiche zwischen den einzelnen Wertschöpfungsketten, verpackt und unverpackt, fallen sehr deutliche Unterschiede auf, welche sich nicht nur anhand der Ungenauigkeiten einzelner Parameter erklären lässt. Die gewählte Methode erweist sich somit als geeignet, die Unterschiede in den Wertschöpfungsketten abzubilden. Demensprechend konnte das Ziel dieser Arbeit erreicht werden und die Unterschiede bezüglich den Umweltfolgen «Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien» und «CO₂ Emissionen» der vier Wertschöpfungsketten quantifiziert werden.

Es konnte gezeigt werden, dass beim verpackten Weissmehl die Verpackungsmaterialien in dieser Arbeit rund 10% der Umweltauswirkungen ausmachen, das deckt sich mit der Angabe aus Junbluth et al. (2011). Das trifft auf das Rapsöl nicht zu, ist aber nicht weiter von Bedeutung, da die 10% als Durchschnittswert von sehr vielen Produkten zu verstehen ist.

Bevor die einzelnen Unterschiede diskutiert werden, soll eine Grössenvergleich geben werden, um die Grössen einordnen zu können: Ein Megajoul entspricht ungefähr dem Energieverbrauch eines Backofens in 10 Minuten. 150g CO₂ werden emittiert, wenn man mit einem modernen Personenwagen einen Kilometer fährt.

Wie bereits zu Beginn der Arbeit betont, steht «unverpackt» oder «verpackt» nicht nur für die damit bezeichnete Eigenschaft, sondern für die jeweils untersuchte Wertschöpfungskette.

8.1 Vergleich Weissmehl

Auch wenn das verpackte Weissmehl über alle Prozessschritte beinahe einen doppelt so hohen Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien aufweist, schneidet es bei der Produktion und dem Transport zur Verkaufsstelle besser ab. Die Gründe dabei liegen wohl bei den grösseren Mengen und dem entsprechenden Sparpotential durch Effizienz (dazu mehr in *Kapitel 8.4*). Ein Betrieb wie die Swissmill investiert in Energiesparmassnahmen, da sich diese auch ökonomisch lohnen. So wird eine Maschine erst ersetzt, wenn sie ausfällt und sich eine Reparatur nicht mehr lohnt. Dies ist aufgrund der Belastung rund um die Uhr viel früher der Fall, als bei einer kleinen Mühle wie der in Schönbühl. Deshalb ist der Bestand an Maschinen neuer und sparsamer in einer grossen Mühle, als in kleinen. Weitere Vorteile und Strategien der Swissmill sind, das ständige Energiemonitoring, eine ausgeklügelte Wärmerückgewinnung, eigene Photovoltaikzellen und den bewussten Verzicht auf Redundanz bei Maschinen. Bei einem Ausfall soll von externen Quellen ein mobiler Ersatz gefunden werden um den Betrieb von zwei gleichen Maschinen einstellen zu können.

Auch wenn der Transport in die Verkaufsstelle des verpackten Weissmehls mehr als fünfmal so lange ist wie jener des unverpackten, ist der Verbrauch auf das Kilogramm und Kilometer geringer, auch das ist auf die grösseren Produktionsmengen zurückzuführen. Dass die Mühle Schönbühl eine ähnliche Logik mit der Anschaffung von neuen Maschinen hat, zeigt sich darin, dass ein neuer Lieferwagen erst gekauft wurde, als der Alte ausgesetzt hat. Beim Neukauf wurde darauf geachtet, ein möglichst sparsames Modell zu wählen. Die kleinen Produktionsmengen haben jedoch einen grossen Einfluss auf den Verbrauch auf das Kilogramm, als der Effektive Verbrauch des Fahrzeugs. Aufgrund des markant tieferen Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien beim Transport des Weizens zur Mühle und dem Verpackungsmaterial, fällt auch der absolute Unterschied der Summe aller Teile der Wertschöpfungskette markant aus.

Bezüglich den CO₂ Emissionen zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Energieverbrauch, jedoch mit einem entscheidenden Unterschied. Der Unterschied in der Verarbeitung ist nicht mehr so deutlich auszumachen wie das beim Verbrauch von nicht erneuerbaren Energien der Fall war. Das ist auf den Einsatz von Erdgas zurück zu führen. Die Swissmill hat mit dem Wechsel von Erdöl zu Erdgas, mit einem Anteil von 10% Biogas, einen entscheidenden Schritt zur Einsparung von CO₂ gemacht, jedoch hat die Verbrennung von Erdgas einen massiv höheren CO₂ Ausstoss zur Folge, als das der Schweizer Strommix hat. Das trägt auch entscheidend dazu bei, dass das verpackte Weissmehl, im Vergleich zum unverpackten, einen mehr als eineinhalb fachen Ausstoss an CO₂ mit sich bringt.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Produktion in der Swissmill einen ökologischen Vorteil bezüglich des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien und CO₂ Emissionen in der Verarbeitung und dem Transport in die Verkaufszentrale aufweist. Dieser Vorteil geht jedoch aufgrund der langen Transportwege und des Verpackungsmaterials verloren.

8.2 Vergleich Rapsöl

Die grösste Auffälligkeit beim Vergleich der beiden Rapsöle ist der Einfluss der Glasverpackung auf die Summe, sowohl von nicht erneuerbaren Energien wie auch der CO₂ Emission. Die Glasflasche fasst 500ml und ist 330g schwer. Um ein Kilogramm Rapsöl zu verpacken wird somit 735g Glas benötigt. Das hat wiederum zur Folge, dass der Transport des abgefüllten Rapsöls in den Coop auf das Kilogramm Produkt beinahe doppelt so viel Energie auf den Kilometer benötigt, wie das beim Weissmehl der Fall ist. Ein Sparpotenzial läge darin, auf Grünglas zu wechseln, welches sich zu 100% aus Altglas herstellen lässt. Die grosse Menge an Material würde dabei allerdings gleichbleiben. Um die Verpackung weniger materialintensiv zu gestalten, würde sich eine Plastikverpackung anbieten. Die meisten Speiseöle werden in ein

Liter Polyethylenflaschen angeboten, diese wiegen um die 44 Gramm. Um ein Kilogramm Rapsöl in Polyethylen Flaschen zu verpacken bräuchte es rund 2.5-mal weniger Energie und es würden 7.5-mal weniger CO₂ Emissionen anfallen. Da diese Plastikverpackung nur 49g pro Kilogramm Rapsöl wiegen, fiel auch der anschliessende Transport wesentlich sparsamer aus. Ob diese Art der Verpackung ökologisch nachhaltiger wäre, lässt sich mit den vorliegenden Daten allerdings nicht abschliessend erläutern, zumal die Entsorgung beziehungsweise das Recycling hier ausgeblendet wurden ebenso wie weitere Effekte auf die Umwelt wie z.B. die Emission in die Luft und das Wasser von giftigen Stoffen entlang der Wertschöpfungskette. Aus den Daten ist ersichtlich, dass die Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl mehr als 9.5-mal mehr nicht erneuerbare Energien benötigt und 3.5-mal mehr CO₂ Emissionen als die Wertschöpfungskette von verpacktem Weissmehl zur Folge hat. Das liegt neben dem Verpackungsmaterial auch daran, dass für 1 kg Rapsöl drei Kilogramm Rapssamen benötigt werden und der Transport somit sehr schnell grosse Energiemengen verbraucht und dementsprechend CO₂ emittiert. Umso erstaunlicher, dass die Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl in der Summe mehr als 3.5-mal weniger nicht erneuerbare Energien benötigt und fast 5-mal weniger CO₂ Emissionen aufweist als das unverpackte Weissmehl. Der Gmüsesesel hat gezeigt, dass eine Produktion von Rapsöl (fast) ohne Erdöl möglich ist und die negativen Auswirkungen der Wertschöpfungskette auf die Umwelt auf ein Minimum reduziert werden können. Ein weiterer Vorteil seines Rapsöls ist die Sensibilisierung seiner Kundschaft, sie wissen Bescheid darüber, wie das Rapsöl entstanden ist und messen dem einen ganz anderen Wert zu als man das bei Rapsöl aus dem Einzelhandel machen würde. Dies hat weitere positive Effekte auf z.B. das Minimieren von Foodwaste. Der grosse Nachteil der Produktion, bezogen auf die Umweltauswirkungen, sind die kleinen Mengen welche verarbeitet werden. So benötigt es vergleichsweise viel Verpackungsmaterial für den Transport der Rapskörner und des Presskuchens, ein Silo lohnt sich für die kleinen Mengen nicht.

8.3 Einbezug der Landwirtschaft in die Wertschöpfungsketten

In dieser Arbeit wurde bewusst darauf verzichtet, die Landwirtschaftliche Produktion mit in die Wertschöpfungskette einzubeziehen. Nun werden die Zahlen aus einer Publikation des Eidgenössischen Forschungsinstitut für Agrarökonomie, dem heutigen Agroscope, zugezogen, um die Relevanz von Einsparungen im untersuchten Teil der gesamten Wertschöpfungskette einzuschätzen. Diese Berechnungen werden bewusst im Diskussionsteil aufgeführt, da diese nicht Teil der eigentlichen Resultate sind und nicht direkt mit der Beantwortung der Fragestellung zu tun haben, sondern viel mehr damit, die Fragestellung in einem grösseren Kontext zeigen.

In der biologischen landwirtschaftlichen Produktion werden rund 1.7 MJ nicht erneuerbare Energien verbraucht um die Menge Weizen für 1 kg Mehl herzustellen (Gaillard und Nemecek 2002). Diese Energiemenge wird nun mit der in dieser Arbeit errechneten Energiemengen von verpacktem und unverpacktem Weissmehl summiert.

Aus der Abbildung 10 (siehe *Kapitel 7.3*) wird ersichtlich, dass der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien in der untersuchten Wertschöpfungskette des verpackten Weissmehls doppelt so hoch ist wie die des unverpackten. In der gesamten Wertschöpfungskette unterscheiden sich der Energieverbrauch nur noch um 20 Prozent (Abb. 20).

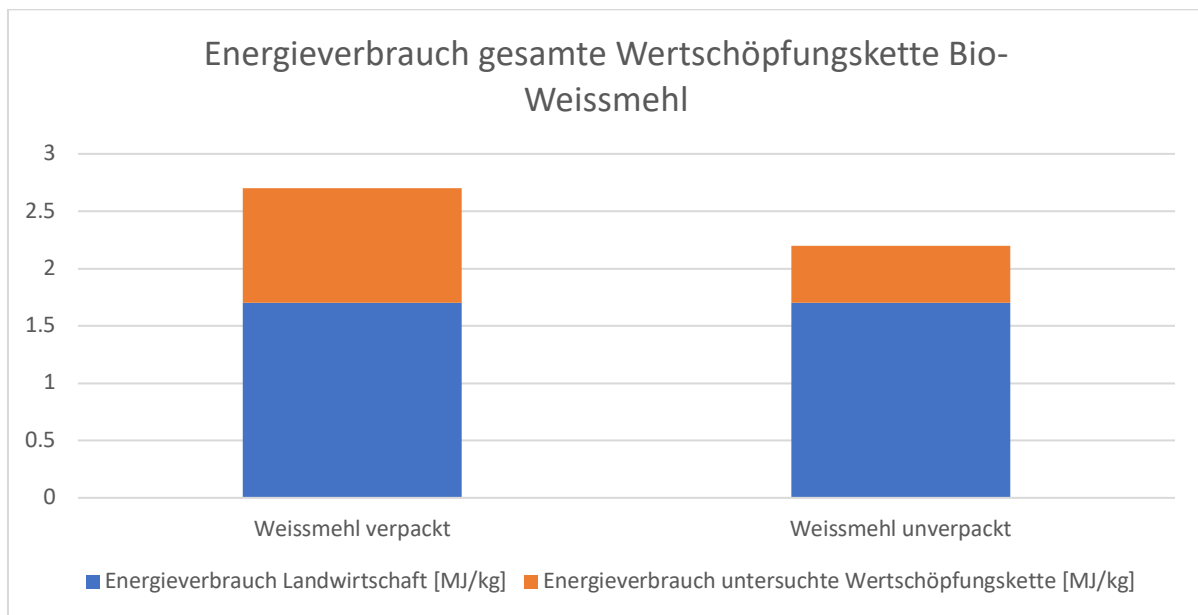


Abbildung 20 Energieverbrauch der gesamten Wertschöpfungskette von Bio-Weissmehl im Vergleich

Daten für den Ausstoss von CO₂ Emissionen konnten keine gefunden werden, da in den Publikationen nur das Treibhauspotenzial angegeben wird, was sich aus verschiedenen Gasen (hauptsächlich Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas) zusammensetzt. Geht man davon aus, dass die Energiemengen nur die Verbrennung von Diesel beinhalten, entspräche das einer CO₂ Emission von 127.5 g.

Für die Produktion von Raps, welcher zur Herstellung von 1kg Rapsöl genügt, werden schätzungsweise 15 MJ Energie verbraucht. Dies ist eine Schätzung, weil es keine Zahlen zum biologischen Anbau von Raps gibt. Es gibt Zahlen zum extensiven Anbau mit organischen Düngemitteln von Raps, diese belaufen sich auf 16.5 MJ für 1kg Rapsöl. Aus dem Unterschied von extensivem und biologischem Anbau von Weizen wurde die Zahl auf 15 MJ geschätzt (Gaillard und Nemecek 2002). Die CO₂ Emissionen könnten wie beim Weissmehl ausgerechnet werden, das Resultat wäre 1172 g. Im Gegensatz zu Weissmehl, weist das unverpackte Rapsöl auch in der gesamten Wertschöpfungskette einen 40 Prozent geringeren Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien auf (Abb.21).

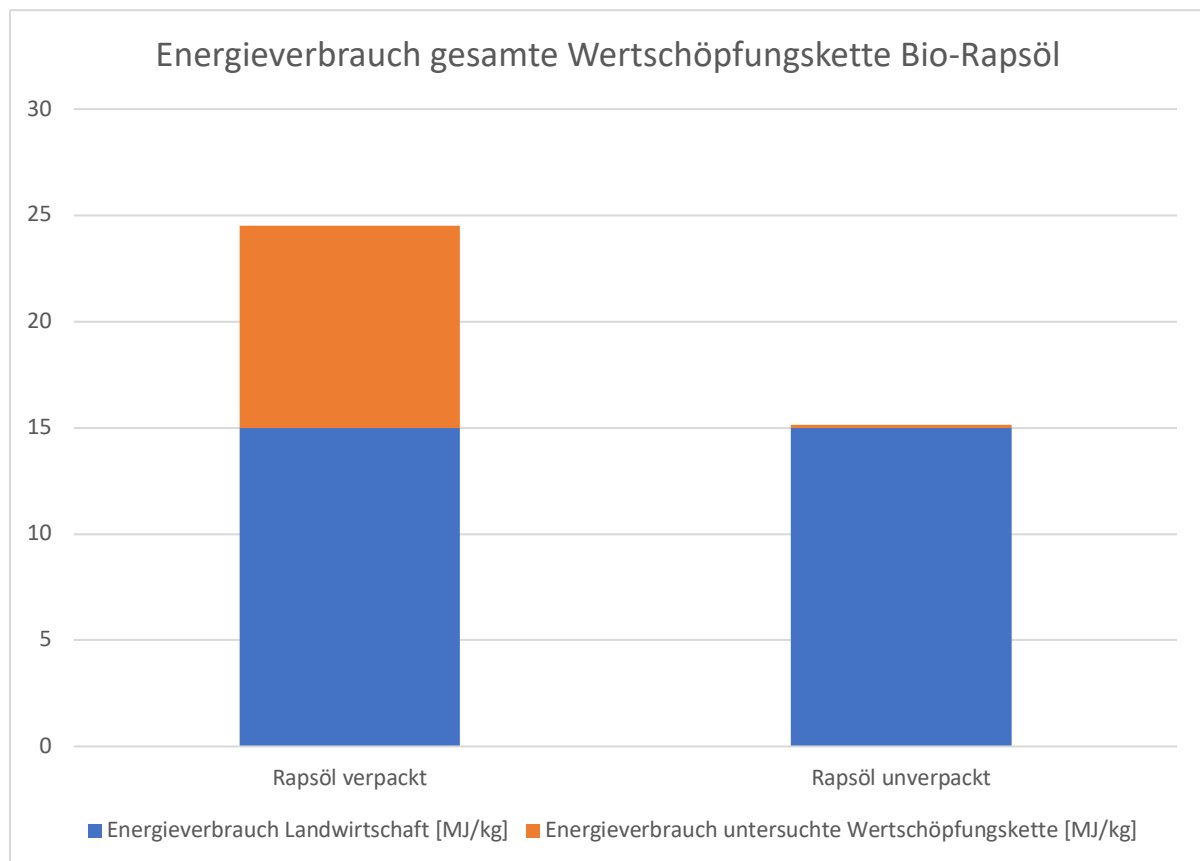


Abbildung 21 Verbrauch nicht erneuerbare Energien der gesamten Wertschöpfungskette von Rapsöl im Vergleich

8.4 Bedeutung für Nachhaltigkeit

Das vorangehende Kapitel hat gezeigt, dass die landwirtschaftliche Produktion einen erheblichen Beitrag zur Gesamtumweltbelastung der gesamten Wertschöpfungskette von Weismehl und Rapsöl beiträgt. Für die Gestaltung eines nachhaltigen Food Systems hätten Anpassungen in der Landwirtschaft wohl das grösste Potenzial. Da sich diese Arbeit nicht mit der Landwirtschaft auseinandersetzt, wird sie nicht weiter in die Diskussion einfließen.

Grossproduzenten wie die Swissmill betonen den in ihrer Produktionsweise auftretende positive Scale-Effekt. Dieser besagt in dem Zusammenhang, dass grössere Anlagen ökonomischer und ökologisch effizienter sind als kleine. Das konnten die in dieser Arbeit gewonnenen Daten für die Vermahlung und den Transport in die Verkaufsstelle von Weismehl der Swissmill, im Vergleich zu der Mühle Schönbühl, belegen. Definiert man die Effizienz anhand des Verhältnisses der in der gesamten Wertschöpfungskette eingesetzten Energie und der im Lebensmittel enthaltenen Energie sieht das Resultat zugunsten der unverpackt

Wertschöpfungsketten anders aus. Ein Kilogramm Weissmehl enthält 14 MJ Energie³, die gesamte Wertschöpfungskette von verpacktem Weissmehl benötigt 2.7 MJ, die von unverpacktem 2,2 MJ. Die Wertschöpfungskette von verpacktem Weissmehl verbraucht demzufolge 19% der Energie, welche im Mehl steckt, die Wertschöpfungskette von unverpacktem Weissmehl nur 15%. Betrachtet man nur den in dieser Arbeit untersuchte Teil der Wertschöpfungskette, benötigt die Wertschöpfungskette von unverpacktem Weissmehl nur 4% der Energie, welche im Mehl steckt und nicht 7% wie das beim verpackten Mehl der Fall ist. Die Wertschöpfungskette von unverpacktem Weissmehl ist somit klar effizienter.

Ein Kilogramm Rapsöl enthält 38 MJ Energie⁴, die gesamte Produktion von unverpacktem Rapsöl braucht rund 24.5 MJ, die von unverpacktem 15.15 MJ. Betrachtet man wiederum nur den in dieser Arbeit untersuchte Teil der Wertschöpfungskette, benötigt die unverpackte Wertschöpfungskette 0.4% der im Rapsöl enthaltenen Energie, die Wertschöpfungskette von verpacktem Rapsöl 25%. Die Wertschöpfungskette von unverpacktem Rapsöl ist somit mehr als 60mal so effizient wie diejenige von verpacktem Rapsöl.

Herr Wieland vom Gmüeser erwähnte in dem Zusammenhang: „Eine Zentralisation von Betrieben lohnt sich nur, wenn es sich um komplexe Abläufe der Fertigung handelt, in den anderen Fällen werden unnötige Abstriche in der ökologischen Nachhaltigkeit gemacht.“ (Interview mit Gmüeser).

Wie Herr Wieland richtig sagt, ist mit dieser Aussage nur von der ökologischen Nachhaltigkeit die Rede. Um eine abschliessende Aussage zur Nachhaltigkeit zu machen, müsste die soziale wie auch die wirtschaftliche Dimension untersucht werden. Bezüglich der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit lässt sich erwähnen, dass ein Kilogramm unverpacktes Bioweissmehl 4.9 CHF kostet, verpacktes 2.9 CHF. 500ml unverpacktes Rapsöl kosten 10 CHF und das verpackte Rapsöl 5.55 CHF. Der Kaufpreis deckt jedoch nur ein Teil der wirtschaftlichen Dimension ab. Während beim verpackten Weissmehl und Rapsöl die Frage nach einer kostendeckenden Produktion gestellt werden könnte, ist die Transparenz bei den unverpackten Produkten grösser. Die Produktion von Weissmehl in der Mühle Schönbühl produziert auch aufgrund der hohen Anzahl beschäftigter Jugendlichen nicht kostendeckend und ist auf zusätzliche finanzielle Mittel angewiesen. Die Produktion von Rapsöl des Gmüesers ist kostendeckend, jedoch ist der «ideologische Gewinn» für Herr Wieland grösser als der finanzielle. Die Umweltkosten, welche auch zur Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit berücksichtigt werden müssen, böten weitere Diskussion an.

³ Angaben auf der Verpackung des Bio Weissmehl Naturaplan aus dem Coop, auch ersichtlich auf «coopathome.ch»

⁴ Angaben auf der Verpackung des Bio Rapsöls Campiuns aus dem Coop, auch ersichtlich auf «coopathome.ch»

Zu der sozialen Dimension ist das Beispiel der Mühle Schönbühl mit dem Angebot an geschützten Arbeitsplätzen erwähnen und die Wertschätzung der Kunden gegenüber der Arbeit der Produzenten aufgrund der hohen Transparenz.

Es geht in dieser explorativen Arbeit nicht darum, die Frage zu klären, welches Verkaufsmodell das nachhaltigere ist, sondern vielmehr darum, das Potenzial von unverpackt Läden zu erörtern, deshalb das nachfolgende Kapitel.

8.5 Potenzial Unverpackt-Läden und Bedeutung für das Ernährungssystem Bern

Die Arbeit konnte klar zeigen, dass die untersuchten Wertschöpfungsketten von Weissmehl und Rapsöl aus den Unverpackt-Läden einen geringeren Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien aufweist, als diese aus dem Einzelhandel. Die Spannbreite reicht von 20 Prozent beim Weissmehl, zu 40 Prozent beim Rapsöl (inkl. landwirtschaftliche Produktion). Nachteilig wirkt dabei der Bestand an alten Maschinen und die geringen Produktionsmengen, welche die Auslastung beim Transport minimieren.

Ein weiterer Nachteil der Wertschöpfungsketten von Unverpackt-Läden ist die grosse Abhängigkeit innerhalb der regionalen Wertschöpfungsketten. Gerade bei Bio-Raps sind Totalausfälle der Ernte nicht unwahrscheinlich. Kommt es dazu, ist die Verfügbarkeit der Produkte und der Gewinn für die Produzenten nicht gewährleistet.

Ein Vorteil dagegen ist, dass die lokalen Produkte eine Sensibilisierung der Kundschaften gegenüber der Lebensmittelproduktion ermöglicht. Dies führt dazu, dass die höheren Preise in Kauf genommen werden und dass ein nicht Vorhandensein eines Produktes wie im vorangehenden Abschnitt beschrieben, akzeptiert werden.

Der ökologische Vorteil der Unverpackt-Läden auf das Ernährungssystem Bern konnte mit den Zahlen zur Umweltbelastung der Wertschöpfungsketten aufgezeigt werden. Damit diese Vorteile einen Einfluss darauf haben, wie das Ernährungssystem der Stadt Bern auf die Umwelt wirkt, müssen die Unverpackt-Läden einen genug grossen Anteil des Ernährungssystems bilden. Es stellt sich also die Frage, wie gesellschaftstauglich Unverpackt-Läden sind und ob diese genügend genutzt werden.

Die Diffusionstheorie nach Rogers (2003) liefert auf diese Frage einige Anhaltspunkte. Nach Rogers gibt es vier zentrale Elemente der Diffusion: Die Beschaffenheit der Innovation, die Kommunikationskanäle, die zeitliche Kurve des Diffusionsprozesses und das soziale System. Zu der Beschaffenheit einer Innovation gehören verschiedene Teilbereiche, wie z.B. die Komplexität und Erprobbarkeit. Hier weissen Unverpackt-Läden grosses Potenzial auf, zumal sie funktionieren wie die uns bekannten Supermärkte. Das Vorgehen wird in den Läden meist

mit sehr präsenten Schaubildern erklärt, die Komplexität ist auf ein Minimum reduziert. Die Erprobbarkeit ist ebenfalls gegeben, bevor man einen Grosseinkauf tätigt, kann man auch nur einzelne Produkte erwerben. Zur Beschaffenheit der Innovation zählt auch der Teilbereich «relative Vorteilhaftigkeit». Die Produkte aus einem unverpackt-Laden bieten aus einer rationalen Perspektive keine Vorteile an. Der Vorteil besteht in dem Gefühl «etwas für die Umwelt getan zu haben». Ein rationaler Mensch, welcher Preis und Leistung vergleicht, wird nicht in einem unverpackt-Laden einkaufen, da er für sich persönlich keinen Vorteil sieht. Ein weiterer Punkt ist die Wahrnehmbarkeit einer Innovation. Im Vergleich zu einem neuen Auto, welches überall im öffentlichen Raum wahrgenommen wird, bleiben die unverpackt-Läden nur den aufmerksam vorbeigehenden Passanten vorenthalten.

Des Weiteren sind die Kommunikationskanäle zu erörtern. Da unverpackt Läden noch eine Randerscheinung sind und dementsprechend bescheidene Umsätze generieren, betreiben sie keine aufwändigen Werbungen. Man findet sie jedoch im Internet, den sozialen Medien wie auch in Berichten von Regionalzeitungen. Der weitaus wichtigste Kanal bei einer Innovation wie dem eines unverpackt-Ladens ist höchstwahrscheinlich der direkte Austausch unter den bestehenden Kunden mit deren persönlichen Umfeldern. Menschen bewegen sich in sozialen Gruppen, welche gemeinsame Wertvorstellungen und Auffassungen teilen. Deshalb befinden sich in persönlichen Umfeldern von Kunden, mit einer grossen Wahrscheinlichkeit weitere potenzielle Kunden (Clausen et al. 2011).

8.6 Kritik und weitere Forschung

Wie im Theorieteil schon angesprochen, erfüllt das Life Cycle Assessment dieser Arbeit nicht alle Kriterien der ISO Norm 14040 und lässt sich somit nur unter Vorbehalten mit anderen LCA vergleichen. Ein weiterer Kritikpunkt ist die teilweise veraltete Datengrundlage. Es wäre auf jeden Fall spannend, die Ergebnisse dieser Arbeit mit Ergebnissen aus der aktuellen Datenbank von Ecoinvent ab zu gleichen.

Zudem wäre es interessant weitere Umweltauswirkungen und Produkte zu vergleichen. Dies würde eine umfassendere Beurteilung bezüglich der Umweltverträglichkeit von Unverpackt-Läden gegenüber dem Detailhandel erlauben.

9. Fazit

Die Arbeit konnte am Beispiel der Wertschöpfungsketten von Weissmehl und Rapsöl den Vorteil in der ökologischen Nachhaltigkeit von Unverpackt-Läden aufzeigen. In der Summe weisen Weissmehl und Rapsöl aus den Unverpackt-Läden bedeutend weniger CO₂ Emissionen und ebenfalls einen bedeutend kleineren Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien auf.

Damit die positiven Effekte der Unverpackt-Läden zu einer weitreichenden Veränderung des Ernährungssystems in Bern führen, ist es entscheidend, dass sie sich gegenüber dem Einzelhandel behaupten können und eine breite Unterstützung in der Gesellschaft finden. Der Schlüssel dazu liegt darin, die relative Vorteilhaftigkeit der Unverpackt-Läden auszubauen. Gelingt dies, könnten die Unverpackt-Läden in Bern als Inspiration für Unverpackt-Läden an weiteren Orten, und damit auf einer grösseren Ebene dienen.

Ein Vergleich dieser Arbeit mit ähnlicher Literatur zum Ernährungssystem Bern fiel aus, zumal es keine vergleichbaren Arbeiten gibt. Die Resultate dieser Arbeit sprechen für ein vielversprechendes Forschungsgebiet: die Wertschöpfungsketten von Unverpackt-Läden in Schweizer Städten. Um diese Wertschöpfungsketten und deren Potenzial in Verbindung mit einer nachhaltigen Entwicklung besser zu verstehen, bedarf es weiterer Forschung.

Ein weiteres Fazit ergibt sich aus der Methodik dieser Arbeit. Daten zur Ökobilanzierung sind vorhanden aber nur unzureichend öffentlich zugänglich. Gäbe es ein Datensatz wie jener von Ecoinvent, der für die breite Bevölkerung zugänglich wäre, böte dieser eine Grundlage für viele Entscheidungen. Davon könnten Menschen in unterschiedlichen Situationen profitieren und nachhaltiger handeln.

10. Literaturverzeichnis

BAFU, Bundesamt für Umwelt (2011): Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz: Input-Output Analyse verknüpft mit Ökobilanzierung. Bern: BAFU.

Beretta, C./ Stoessel, F./ Baier, U./ Hellweg, S. (2013): Quantifying food losses and the potential reduction in Switzerland. *Waste Management* 33 (2013) 764-773.

BLW, Bundesamt für Landwirtschaft (2017): Agrarbericht 2017. Bern: BLW.

Boehme, B.J./ Hermann, N./ Junge, M./ Keichel, S./ Kitzing, L./ Schaefer, J./ Wülfing, L. (2003): Ökobilanzen von Packstoffen. Speziell: Verpackungen aus Plastik. Flensburg: Hochschule Flensburg.

Bosshard, A./ Schläpfer, F./ Jenny, M.(Hg.) 2010: Weissbuch Landwirtschaft Schweiz. Analysen und Vorschläge zur Reform der Agrarpolitik. Bern: Haupt Verlag.

Bystricky, M./ Alig, M./ Nemecek, T./ Gaillard, G. (2015): Ökobilanz ausgewählter Schweizer Landwirtschaftsprodukte im Vergleich zum Import. Zürich: Agroscope.

Clausen, J./ Fichter, K./ Winter, W. (2001) Theoretische Grundlagen für die Erklärung von Diffusionsverläufen von Nachhaltigkeitsinnovation. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.

Elsner, P./ Eyerer, P./ Hirth, T. (2008): Kunststoffe Eigenschaften und Anwendungen. Berlin, Heidelberg: Springer.

Eriksen, P. J. (2008) Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change* 18(1):234-245.

Frischknecht, R./ Itten, R./ Flury, K. (2012): Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe. ESU-Services. Uster (Schweiz).

Gaillard, G. & Nemecek, T. (2009): Swiss Agricultural Life Cycle Assessment (SALCA): An integrated environmental assessment concept for agriculture. In: International Conference “Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development, Setting the Agenda for Science and Policy”, Egmond aan Zee, Niederlande. AgSAP Office, Wageningen University, 134-135.

Grabow, J./ Hensel, S./ Kroemer, S./ Schäfer, C. (2003): Ökobilanz von Glasverpackungen. Flensburg: Hochschule Flensburg.

Hanler, F./ Nadlinger, M./ Krutak, R./ Pickl, N./ Schrottmaier, J./ Miglbauer, H./ Wiederkehr, P. (2009): Spritsparen mit Traktoren. Trainerhandbuch „Traktoren“. Österreichische Energieagentur. Wien.

Icha, P. (2018): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Stroms in den Jahren 1990-2017. Umweltbundesamt. Dessau-Rosslau (Deutschland).

ISO (1997): EN ISO 14040. Environmental management. Life cycle Assessment. Principles and framework. Prinzipien und allgemeine Anforderungen.

ISO (2006): ISO EN 14040. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.

Jacobi, J. und Llanque, A. (2018): “When We Stand up, They Have to Negotiate with Us”: Power Relations in and between an Agroindustrial and an Indigenous Food System in Bolivia. Bern: CDE, Universität Bern.

Junbluth, N. (2003) Erdöl. In: Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz (ed, Dones R.). Final report ecoinvent 2000 No. 6, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre für Life Cycle Inventories, Duebendorf.

Jungbluth, N./ Natthani, C./ Stucki, M./ Leuenberger, M. (2011): Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input- output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-Services. Uster (Schweiz).

Kamm, A./ Hildesheimer G./ Bernold, E./ Eichhorn, D. (2015): Ernährung und Nachhaltigkeit in der Schweiz. Eine Verhaltensökonomische Studie. FehrAdvice und BAFU. Zürich.

Leinert, L./ Brand, F.S./ Duma, F. (2016): Branchenstudie Food. Kennzahlen, Strukturen, Veränderungstreiber, und Entwicklungspotenziale der Schweizer Lebensmittelindustrie. Winterthur: ZHAW School of Management and Law.

Meier, M./ Böhler, D./ Hörtenhuber, S./ Leiber, F./ Meili, E./ Oehen, B. (2014): Nachhaltigkeitsbeurteilung von Schweizer Rindfleischproduktionssystemen verschiedener Intensität. Frick, Schweiz: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Meyre, S./ Murbach, F./ Kohler, F. (2017): Die Getreideproduktion in der Schweiz. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).

Nemecek, T./ Huguenin-Elie, O./ Dubois, D./ Gaillard, G. (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau. Zürich: Agriscope.

Pfranger, G./ Réviron, S. (2015): Strategische Analyse von Agrar- und Lebensmittel-Wertschöpfungsketten: Zweck und Vorgehensweise. Laussane: Agridea.

Rebholz, T./ Rentsch, D./ Schmutz, R./ Wenzel, L. (2015): 100 Argumente für den Biolanbau. 2. Auflage. Frick, Schweiz: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Rist, S. & J. Jacobi (2016): Contents and Indicators of the Food Sustainability Assessment Framework (FoodSAF). Towards Food Sustainability Working Paper No. 3. Bern: Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern.

Rogers, E. M./ Medina, U. E./ Rivera, M. A./ Wiley, C. J. (2003): Complex Adaptive Systems and the Diffusion of Innovations. Albuquerque, New Mexico: The University of New Mexico.

Schmid, J. H. (2007): Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. Dänemark: Aalborg Univerisitet.

Spielmann, M./ Bauer, C./ Dones, R./ Tuchschild, M. (2007): Transport Services. Ecoinvent report No.14. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf.

UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) (2006): global value chains in the agrifood sector. Vienna: UNIDO.

UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) (2011): Industrial Value Chain Diagnostics: An Integrated Tool. Vienna: UNIDO.

Wachter, Daniel (2014): Nachhaltige Entwicklung. Glarus: Edition Rüegger.

Weigel, S./ Meyer, R. (2018): Die SBB in Zahlen und Fakten. 2017. Bern: SBB.

World Commission on Environment and Development (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report).

10.1 Internetquellen

Internetseite 1: Internetseite der United Nations, Department of Economics and Social Affairs (UN-DESA). Sustainable Development Goals.

<https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>. (letzter Aufruf: 5.10.2018).

Internetseite 2: Internetseite des Beobachter. Gemüse für die Massen.

<https://www.beobachter.ch/lebensmittel-ernaehrung/ernaehrung-gemuese-fur-die-massen>.
(zuletzt besucht am 27.12.2018).

Internetseite 3: Internetseite von Bio-Suisse. Richtlinien und Weisungen.

<https://www.bio-suisse.ch/de/richtlinienweisungen.php>. (zuletzt besucht am 28.12.2018)

Internetseite 4: Internetseite von Oleificio Sabo. Nachhaltigkeit.

<http://www.sabo-oil.com/site/de/environment.php>. (zuletzt besucht am 27.12.2018)

Internetseite 5: Internetseite vom Gmüesesel. Über den Gmüesesel.

<http://www.gmüesesel.ch/10-0-ueber-den-GmueesEsel.html>. (zuletzt besucht am 21.11.2018).

Internetseite 6: Internetseite des SRF. Fitness machen und dazu Öl pressen.

<https://www.srf.ch/sendungen/regionaljournal-bern-freiburg-wallis/fitness-machen-und-dazu-oel-pressen>. (zuletzt besucht am 21.11.2018).

Internetseite 7: Internetseite vom Gmüesesel. BZ Video März 18.

http://www.gmüesesel.ch/files/bz_video_fitnessstudio_m__rz_18.mp4. (zuletzt besucht am 21.11.2018).

Internetseite 8: Internetseite des Vereins Schweizer Rapsöl VSR. Von der Pflanze zum Öl.

<https://www.raps.ch/von-der-pflanze-zum-oel/die-rapspflanze/>. (zuletzt besucht am 22.1.2019).

Internetseite 9: Internetseite von Ecoinvent. Startseite.

<https://www.ecoinvent.org>. (zuletzt besucht am 27.12.2018)

Internetseite 10: Internetseite von Citroën Schweiz. Jumper Combi.

<https://www.citroen.ch/de/neue-fahrzeuge/citroen/jumper-combi.html>. (zuletzt besucht am 11.12.2018).

Internetseite 11: Internetseite von Energie-Gedanken. Umrechnungsfaktoren.

<https://www.energie-gedanken.ch/umrechnungsfaktoren/>. (zuletzt besucht am 28.12.2018).

Internetseite 12: Internetseite der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB). Strommix.

<https://www.ag-energiebilanzen.de>. (zuletzt besucht am 11.12.2018).

Internetseite 13: Internetseite vom Bundesamt für Statistik (BFS). 62 Prozent des Stroms aus Schweizer Steckdosen stammt aus erneuerbaren Energien.

<http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=70211>. (zuletzt besucht am 5.12.2018).

Internetseite 14: Internetseite von Pronovo. Berichte und Publikationen.

<https://pronovo.ch/de/services/berichte/#>. (zuletzt besucht am 5.12.2018).

Internetseite 15: Internetseite des Materialarchiv Schweiz. Kraftpapier.

<http://www.materialarchiv.ch/app-tablet/#detail/507/kraftpapier>. (zuletzt besucht am 22.12.2018).

Titelbild: Internetseite des Bärner-Meistschi. Palette Bern - mein erster Besuch in einem «Unverpackt Laden».

<https://baerner-meitschi.ch/palette-unverpackt/>. (zuletzt besucht am 29.12.2018).

11. Anhang

11.1 Herstellung und Service Lastwagen

			MJ
Verbrauch nicht erneuerbare Energien bei Herstellung	Erdgas		34000
	Strom		17064
	Heizöl		906
	Diesel		7942.15714
	Summe		59912.1571
Verbrauch nicht erneuerbare Energien für den Service	Strom		15800
	Heizöl		56700

Herstellung						
	Kilometer pro Fahrzeug	Verbrauch nicht erneuerbare Energien	Verbrauch nicht erneuerbare Energien pro km	Verbrauch nicht erneuerbarer Energien pro tkm		Anteil am Gesamtverbrauch [%]
	540000	59912.157	0.111	0.006		1.975
			</			

11.2 Strommix SBB

Strommix SBB		
	Anteil an der Gesamtmenge [%]	CO ₂ SBB Strom [g/kWh]
Wasserkraft	90	6.03
Strommix CH	10	10.983371
Total		17.013371

11.3 Eindrücke der Swissmill und der Mühle Schönbühl



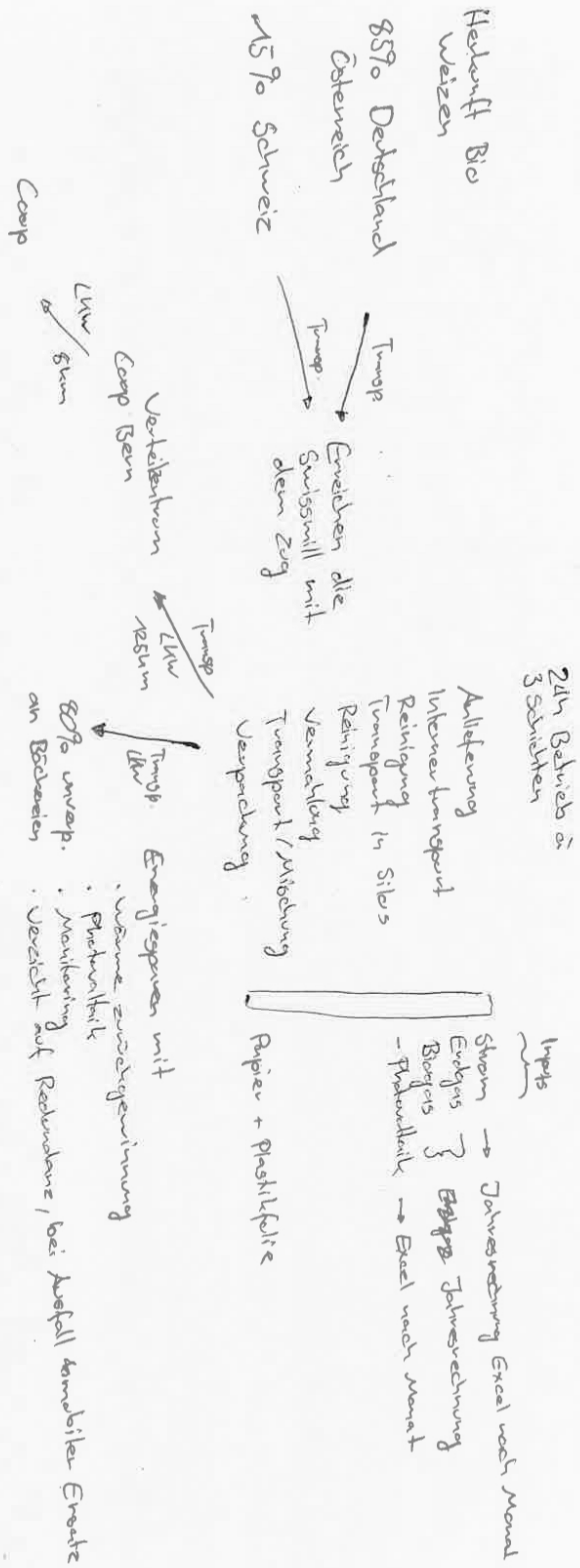
Abbildung 22 Mahlstuhl Mühle Schönbühl (eigenes Foto)



Abbildung 23 Mahlstuhl Swissmill (Eigenes Foto)

11.4 Notizen Befragungen

Experteninterview mit Antoine Bolay Cleiber Endfertigung und Einkauf (NHV) und Luca Fracalvieri (Elektr. Vorkauf / Einkauf. Am 23.11.2018 in 8037 Zürich).



- Herausforderungen beim Energie sparen
- Bauschichten (Einheit um viel Baumaterial)
 - Hygieneschichten
 - Isolierter Bau, Luft muss zugeführt werden
 - Keine chemische Schädlingsbekämpfung, erzeugt Abfall von Produkt
 - Optische Qualität (muss aufwendiges Monitoring- und Abreissystem nötig)

Experteninterview mit Daniel Stueben (Leitender Moller). Am 23.11.2018 in 3479 Kriechenwil

Bio Weizen
zu Betriebe
im Umkreis von
20km zur Mühle SB

Transport
mit Trailer
4-8 T
Getreide
unverpackt

Stromreinigung
Fülleneinlage
Rytz AG
Strom von der
Mühle SB

Transport
LKW
15T LKW
unverpackt

220kg/s
Schalenreste
Zurück in
Fülleneinlage
Rytz

Transport
Getreide
Euro 6

abgepackt in
35L Säcke
Papier

Transport
Getreide
Euro 6
25km
mit 600-800kg beladen

unverpackt-laden
Palette / i-lade / ...

Verpacken des Meils in
25kg Säcke (Papier-)
auf Wunsch unverpackt-laden
so oft wie möglich
wiedergebrauchen (5mal)

Weizenreinigung + Vermahlung
+ Verpackung in Mühle SB
138T jährlich → 70'650 T Mehl
Stromverbrauch anhand Strom-
rechnung auf 24'800 kWh / Jahr
geschätzt (Abzweigleistungsgruppe)

Meier Mehlbrennerei
von 1958
fr ohne Wasser

festher Antrieben von einem
grossen Motor. Heute von
11 kleinen. lassen sich
beliebig zu und wegnehmen.
viel effizienter

bei Weizenmehl 100kg Getreide
zu 50 Mehl
1-2% Verlust in Luft, Rest Schalenreste

Exportbefragung vom 14.11.2019 mit Thomas Wieland. Ernteklasse 5 in 3012 Bern

ganze Lagerung
in der
Längsmasse

Transport mit
E-Valo nach
Tandhaus
Produktion als
Tierfutter
verpackt in 25kg
Papiersecke

Reinigung → Abpacken in → Transport in → Pressen im
1 Rinde 25kg Papier- Fitnesscenter
Luftstrom Secke Länge 105cm
wird von schenke wie möglich wieder- mit Elektro-
stand bedrückt verpackt max 100kg
in Tandhaus
0,5 ha ca 1 Tonne
geerntet mit Meth-
dräsen

Sedimentation → Abfüllen in → Transport in Unverpackt-
des Öls ASL Läden
Kernisat Palette 2km
Lade 4km