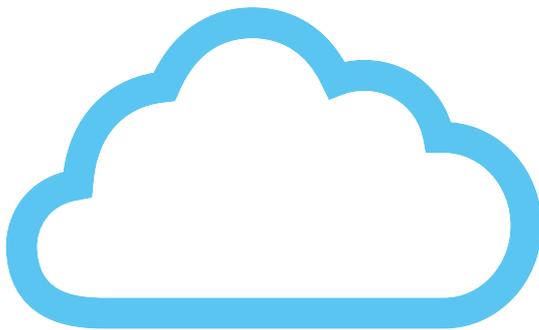


# Bericht

# Ökobilanz von Haselnüssen Crowd Container AG



Zürich, 27.09.2023

## Impressum

<b>Titel</b>	Ökobilanz von Haselnüssen
<b>Kunde</b>	Benjamin Krähenmann Crowd Container AG Sihlquai 131 8005 Zürich
<b>Auftragnehmer</b>	Stiftung myclimate Pfungstweidstrasse 10 8005 Zürich, Schweiz T +41 44 500 43 50 <a href="mailto:info@myclimate.org">info@myclimate.org</a> <a href="http://www.myclimate.org">www.myclimate.org</a>
<b>Autor</b>	Andy Eigenmann, Senior Consultant myclimate <a href="mailto:andy.eigenmann@myclimate.org">andy.eigenmann@myclimate.org</a>
<b>Externer Review</b>	Thomas Kägi, Carbotech AG
<b>Datum</b>	27.09.2023

## Inhalt

1	Hinweise zur Kommunikation .....	1
2	Zusammenfassung.....	2
3	Rahmen und Methodik .....	3
3.1	Ziel und Verwendung der Studie .....	3
3.2	Funktionelle Einheit und Systemgrenzen.....	3
3.3	Datengrundlagen .....	3
3.4	Methoden und Datenbanken .....	4
3.5	Allokationen .....	4
3.6	Unsicherheiten.....	4
3.7	Externer Review .....	4
4	Sachbilanz.....	5
4.1	Haselnussanbau .....	5
4.1.1	Szenario Vollertrag.....	5
4.1.2	Szenario CO <sub>2</sub> -Fixierung .....	5
4.2	Knacken und Rösten .....	5
4.3	Transport zur Weiterverarbeitung .....	6
4.4	Produktverpackung.....	6
4.5	Auslieferung zum Endkunden.....	6
4.6	Entsorgung der Verpackung.....	6
5	Wirkungsabschätzung.....	7
6	Resultate.....	8
6.1	Endprodukt .....	8
6.2	Nur Haselnussanbau .....	9
6.2.1	Vergleich mit Hauptanbauländern .....	11
6.3	CO <sub>2</sub> -Fixierung im Haselnussanbau.....	12
7	Diskussion.....	14
8	Literaturverzeichnis .....	15
9	Anhang.....	16
9.1	Resultate in Zahlenform.....	16

# 1 Hinweise zur Kommunikation

Ökobilanzen (LCAs) bergen u.a. zwei Herausforderungen, welche bei der Kommunikation der Studie berücksichtigt werden müssen:

- *Naturgegebene Unsicherheiten:* Im Unterschied zur Finanzbuchhaltung ist die Buchhaltung von CO<sub>2</sub> oder anderen Umweltauswirkungen mit statistischen Unsicherheiten behaftet. Resultate müssen deshalb aufgrund der Signifikanz von Unsicherheiten betrachtet werden. myclimate integriert zu diesem Zweck eine Unsicherheitsrechnung.
- *Datenlücken:* Fehlende Daten werden mit fundierten Abschätzungen so gut wie möglich ausgeglichen. Dennoch kann es vorkommen, dass diese Abschätzungen im Einzelfall nicht zutreffend sind, was weitere Unsicherheiten mit sich zieht.

Durch diese Eigenschaften wird die Kommunikation der Resultate anspruchsvoll. myclimate macht deshalb die Auflage, dass die Kommunikation von Resultaten gegen aussen abgesprochen werden muss. myclimate unterstützt Kunden bei der sachdienlichen Kommunikation, z.B. mit der Erstellung von zusammenfassenden Fact Sheets.

Gerade bei LCAs, deren Resultate nach aussen kommuniziert werden, empfiehlt myclimate die Durchführung eines externen Reviews durch eine Drittfirma, welche gemäss dem Standard ISO 14040/44 die Studie kritisch begutachtet. Ein solches Review wurde für diese Studie durch Carbotech AG durchgeführt.

## 2 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden die Treibhausgasemissionen und die Umweltbelastung der verarbeiteten und verpackten Haselnüsse von Crowd Container bilanziert. Ein spezifischer Fokus wird dabei auf den Anbau gelegt, welcher auf einer neu aufgebauten Plantage in Mettmenstetten im Kanton Zürich stattfindet.

Insgesamt führt ein Beutel Haselnüsse (250 g) zu Emissionen von 0.92 kg CO<sub>2</sub>e und einer Umweltbelastung von 6.45 kPoints. Betrachtet man die unterschiedlichen Lebensphasen, dominiert der Anbau der Haselnüsse die Bilanz, sowohl bei den Treibhausgasen, als auch bei der gesamten Umweltbelastung. Entscheidend beim Anbau sind die direkt auf der Plantage anfallenden Umweltwirkungen, welche ihrerseits stark durch den verwendeten Dünger beeinflusst werden. Die weiteren Lebensphasen des Endproduktes tragen wenig zur Gesamtbilanz bei, nur die Verpackung aus Kunststoff und deren Entsorgung haben einen signifikanten Anteil.

Vergleicht man den Haselnussanbau in Mettmenstetten mit den traditionellen Hauptanbauländern, schneidet dieser besser ab als ein Anbau in der Türkei, und etwas schlechter als derjenige in Italien. Die Hauptgründe dafür sind der Einsatz von unterschiedlichen Düngern, sowie abweichende Ertragsmengen pro Hektar.

Die in einem separaten Szenario modellierte CO<sub>2</sub>-Fixierung fällt vergleichsweise hoch aus. Dies muss jedoch mit Vorsicht betrachtet werden, da diese Resultate nur während des Aufbaus der Plantage gültig sind, und zudem reversibel sein können.

## 3 Rahmen und Methodik

### 3.1 Ziel und Verwendung der Studie

Für die Crowd Container AG aus Zürich ist ein nachhaltiges Geschäftsmodell von zentraler Bedeutung. Im Rahmen diese Engagements soll eine Ökobilanz für den sich im Aufbau befindenden Haselnussanbau in der Schweiz erstellt werden. Obwohl der Fokus der Studie auf diesem Anbau liegt, sollen auch die nachfolgenden Verarbeitungsschritte bis zum von Crowd Container vertriebenen Endprodukt analysiert und einbezogen werden.

Da die sich Haselnussplantage in Mettmenstetten noch im Aufbau befindet, und erst einen sehr geringen Ertrag vorweist, soll neben der Analyse des Ist-Zustandes von 2023 ein zusätzliches Szenario bilanziert werden. Dieses bildet die Umweltwirkungen im Vollertrag ab, welcher voraussichtlich ab 2028 erreicht wird.

In einem weiteren Szenario wird auch die CO<sub>2</sub>-Fixierung durch den Aufbau der Haselnuss-Plantage, resp. den daraus resultierenden Änderungen der Biomasse in den Pflanzen und im Boden betrachtet.

### 3.2 Funktionelle Einheit und Systemgrenzen

Die funktionelle Einheit ist die Bezugsgrösse, für welche die berechneten Umweltwirkungen ausgewiesen werden. In der vorliegenden Studie sind dies *Treibhausgasemissionen pro Beutel (250 g) verarbeitete Haselnüsse* und *Umweltbelastungspunkte pro Beutel (250 g) verarbeitete Haselnüsse*. Da wie vorangehend erwähnt ein Fokus auf dem Anbau der Nüsse liegt, werden zusätzlich auch Resultate nur für diese Lebensphase ausgiessen, in der funktionellen Einheit *Umweltbelastungspunkte pro Kilogramm rohe Haselnüsse*.

Durch die Systemgrenze wird festgelegt, welche Prozesse in die Analyse mit einbezogen werden. In der vorliegenden Studie sind dies alle Prozesse innerhalb des Lebenszyklus der verarbeiteten Haselnüsse, vom Anbau, über die Weiterverarbeitung, bis zur Entsorgung der Produktverpackung.

Nicht berücksichtigt werden jedoch die Prozesse, welche vom den Endkunden durchgeführt werden, da diese ausserhalb des Einflussbereiches von Crowd Container liegen. Dies sind:

- Zusätzliche Transporte für die Abholung von der Post
- Aufwände für die Zubereitung der Nüsse

Das nachfolgende Diagramm (Abb. 1) zeigt die berücksichtigten Prozesse als vereinfachtes Systembild:



Abb. 1: Vereinfachtes Systembild, ohne Darstellung der Transportaktivitäten zwischen den Phasen.

Der geografische Geltungsbereich ist die Schweiz, da alle relevanten Prozesse in dieser stattfinden. Als Referenzjahr wurde das Jahr 2023 gewählt, da die von Crowd Container gesammelten Daten sich auf diese Zeitperiode beziehen.

### 3.3 Datengrundlagen

Alle Daten zum Anbau der Haselnüsse stammen direkt vom Produzenten in Mettmenstetten. Es konnten Daten zum Aufbau der Plantage, den anfallenden Feldprozessen inkl. Düngereinsatz, den

Transportaktivitäten, und dem gewonnenen Ertrag gesammelt werden. Zusätzlich wurden auch Informationen zu den vorangehenden Nutzungsformen vor dem Haselnussanbau zur Verfügung gestellt.

Neben diesen aktuellen Werten für 2023 konnte der Haselnussproduzent eine Prognose für die ab 2028 erwartete Vollertragsphase erstellen. Diese beinhaltet Daten basierend auf der erwarteten Entwicklung der Haselnussbäume, sowie den bereits geplanten Veränderungen im Anbau (v.a. Umstellung des Düngers).

Da die Verarbeitung der geernteten Haselnüsse momentan noch nicht etabliert ist, wurden mögliche Optionen vom Haselnussproduzenten und von Crowd Container definiert, und basierend auf Durchschnittswerten aus den Datenbanken (siehe Kapitel 3.4) angenähert.

Auch die Produktverpackung ist noch nicht definiert, mit grosser Wahrscheinlichkeit wird jedoch ein Beutel aus Kunststoff eingesetzt. Für diesen hat Crowd Container Daten basierend auf bereits verwendeten Beuteln zur Verfügung gestellt.

Für die per Post durchgeführte Auslieferung in den Schweizer Markt und die Entsorgung der Produktverpackung standen keine Daten zur Verfügung. Es wurden somit Durchschnittswerte aus den Datenbanken zur Modellierung verwendet.

### **3.4 Methoden und Datenbanken**

Die vorliegende Studie wurde angelehnt an die ISO-Normen 14040 und 14044 für Ökobilanzen erstellt. Die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung wurden mit der Ökobilanzierungssoftware SimaPro V9.5.0.1 durchgeführt (Modellierung, Berechnung und Bewertung). Als Datenbankgrundlage dienten ecoinvent Version 3.9 (ecoinvent, 2022) und WFLDB Version 3.5 (Agroscope & Quantis, 2019).

### **3.5 Allokationen**

Materialien und Abfälle, welche recycelt oder anderweitig weiterverwendet werden, wurden nach dem sogenannten Cut-off Ansatz dem neuen System zugeschrieben. Dies bedeutet, dass die Umweltbelastung des Recyclingprozesses dem Recyclingmaterial zugerechnet wird. Nur die beim Transport zum Recyclingunternehmen anfallenden Belastungen werden dem ursprünglichen Material angerechnet.

### **3.6 Unsicherheiten**

Jede Bilanz ist nur ein Modell der Wirklichkeit und demnach mit Unsicherheiten behaftet. Diese sind je nach Qualität der Datengrundlage sowie der gewählten Methoden unterschiedlich hoch. Die Unsicherheiten werden soweit möglich erfasst oder zumindest abgeschätzt, und in den Balken-Diagrammen der Resultate (siehe Kap. 6) graphisch dargestellt.

### **3.7 Externer Review**

Eine externe Überprüfung dieser Studie wurde durch Thomas Kägi von der Carbotech AG in Zürich durchgeführt. Dies entspricht der Empfehlung der ISO-Normen für eine unabhängige Überprüfung der Studie durch Dritte. Die Rückmeldungen des externen Reviews wurden in die Studie mit einbezogen, und falls notwendig entsprechende Anpassungen durchgeführt.

## 4 Sachbilanz

### 4.1 Haselnussanbau

Der Anbau der Haselnüsse findet auf drei Hektaren Land in Mettmenstetten im Kanton Zürich statt. Auf dieser Fläche wurden 1'850 Haselnussbäume angepflanzt. Die Plantage befindet sich noch im Aufbau und existiert seit dem Jahr 2021, die Bäume selbst sind momentan 4 Jahre alt bei einer erwarteten Lebensdauer von ca. 40 Jahren. Vor der Pflanzung der Haselnussbäume wurde die Fläche teils als Ackerland (60%), und teils als Wiese (40%) genutzt.

In der momentanen Teilertragsphase wird neben Geflügelmist als organischem Dünger auch mineralischer Kalium-, Phosphor- und Stickstoffdünger eingesetzt. Pflanzenschutzmittel werden keine verwendet, und auch eine künstliche Bewässerung der Fläche ist nicht notwendig.

Zur Bewirtschaftung der Plantage wird sechs Mal pro Jahr das Gras gemäht, sowie einmal ein manueller Baumschnitt durchgeführt. Die Ernte der Haselnüsse erfolgt ebenfalls manuell, im Teilertrag von 2023 wurden dabei 50 kg gewonnen.

#### 4.1.1 Szenario Vollertrag

Aufgrund der momentan geringen Erntemenge wird ein zusätzliches Szenario modelliert, welches den erwarteten Vollertrag und die dafür notwendigen Aufwände abbildet. Die Grundlage ist somit dieselbe Anbaufläche in Mettmenstetten, wie vorangehend beschrieben, jedoch im Jahr 2028. Die Bäume haben dann ein Alter von 9 Jahren, was zu einem Ertrag von ca. 4'000 kg Haselnüssen pro Jahr führen sollte.

Die momentan bereits stattfindende Umstellung des Düngers wird in der Vollertragsphase abgeschlossen sein, so dass nur noch organischer Hofdünger in Bio-Qualität verwendet wird. Zum Einsatz kommt dabei hauptsächlich Kompost, ergänzt mit Geflügelmist.

Bei allen weiteren Prozessen, v.a. der Bewirtschaftung der Plantage, wird davon ausgegangen, dass es keine relevanten Änderungen zur Teilertragsphase gibt.

#### 4.1.2 Szenario CO<sub>2</sub>-Fixierung

Der Aufbau der Haselnuss-Plantage verursacht Änderungen in der vorhandenen Biomasse. Durch das Wachstum der Bäume wird mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernt und als Kohlenstoff in den Pflanzen fixiert, als dies in den vorangehenden Nutzungsformen Ackerland (60%) und Wiese (40%) der Fall war. Auch der Kohlenstoff-Kreislauf im Boden wird dadurch verändert.

Diese Änderungen der Biomasse werden in einem separaten Szenario ausgewiesen, da diese Prozesse nur während dem Aufbau stattfinden. Nachdem sich die Plantage als neue Nutzungsform etabliert hat, befindet sie sich in einem neuen Gleichgewichtszustand und keine zusätzlich Fixierung findet mehr statt. Das Szenario wird deshalb über einen Zeitraum von 20 Jahren modelliert, beginnend mit dem Start des Anbaus in 2021. Die gesamte dabei stattfindende Fixierung wird linear heruntergebrochen, um eine Aussage pro Jahr zu ermöglichen.

Die Haselnüsse werden für den Transport in Kunststoffboxen verpackt. Da die Grösse der Boxen noch nicht festgelegt ist, wird von 200 kg Nüssen in einer ca. 37 kg schweren Box ausgegangen. Die Boxen werden mehrfach verwendet, weshalb die Lebensdauer abgeschätzt und mit einbezogen wird.

## 4.2 Knacken und Rösten

Momentan ist noch unklar, wo die Weiterverarbeitung der Nüsse stattfinden wird. Dies kann entweder vor Ort in Mettmenstetten, in Niederwil oder in Zürich durchgeführt werden. Da das Ziel eine Verarbeitung vor Ort ist, wird in der Modellierung von dieser Variante ausgegangen.

Die rohen Haselnüsse werden in ihrer Schale geerntet, welche für die Weiterverarbeitung entfernt werden muss. Da für dieses Knacken der Schalen momentan noch keine Daten zur Verfügung stehen, wird der Prozess mit Durchschnittsdaten für das Schälen von Kaffeebohnen angenähert. Dabei wird von einer maschinellen Verarbeitung ausgegangen.

Da die Haselnusskerne im Schnitt 42 % des Gewichts der rohen Nüsse ausmachen (Tomo & Nebojša, 2017), fallen in diesem Verarbeitungsschritt 58 % an Schalenabfall an. Dieser wird als Mulch auf die Anbaufläche zurückgeführt.

Für das anschließenden Rösten der Nusskerne sind ebenfalls noch keine Daten verfügbar, weshalb auch hier eine Annäherung durchgeführt wird. Als Grundlage dient wiederum die Verarbeitung von Kaffee, da von einem vergleichbaren Röstvorgang ausgegangen wird. Während des Röstens verlieren die Nüsse dabei etwa 18 % an Gewicht.

Momentan ist geplant, nur die Hälfte der Haselnusskerne zur rösten. In der Modellierung wurde dieser Verarbeitungsschritt deshalb nur bei 50 % der Nüsse angewandt.

### **4.3 Transport zur Weiterverarbeitung**

Auch der Ort der Konfektionierung, d.h. Verpackung und Lagerung vor dem Versand, ist momentan noch nicht definiert, nach momentaner Planung wird dies jedoch in einem Hilfswerk in Zürich durchgeführt. Es wird somit von einem Transport von ca. 25 km (Mettmenstetten – Zürich) per Lieferwagen ausgegangen. Als Transportverpackung werden wiederverwendbare Behälter aus Kunststoff benutzt.

### **4.4 Produktverpackung**

Die verarbeiteten Nüsse werden in Kunststoffbeutel verpackt, wobei Varianten von 500 g - und 250 g – Varianten möglich sind. Da Crowd Container hauptsächlich von 250 g ausgeht, wird diese Variante in der Bilanz verwendet.

Da der Beutel ebenfalls noch nicht final ausgewählt ist, wurde von einem handelsüblichen Beutel aus LDPE ausgegangen, dessen Gewicht bei ca. 12.5 g liegt. Eine zusätzliche, sekundäre Produktverpackung wird nicht benötigt.

### **4.5 Auslieferung zum Endkunden**

Crowd Container verkauft die Haselnüsse ausschliesslich via Webshop im Schweizer Markt, mit einer Auslieferung zum Endkunden per Post. Die Schweizer Post verwendet dabei LKWs, den Zug, sowie Lieferwagen für die letzte Meile.

### **4.6 Entsorgung der Verpackung**

Nach dem Verzehr der Nüsse wird die Verpackung durch die Endkunden entsorgt. Da die Recyclingsysteme für Kunststofffolien noch wenig etabliert sind, wird von einer Zuführung zum normalen Hausabfall ausgegangen. Die Verpackung landet somit in einer Schweizer KVA und wird verbrannt, wobei auch Strom und Fernwärme produziert werden.

## 5 Wirkungsabschätzung

Im Rahmen dieser Studie wird einerseits der Beitrag zur Erwärmung des Klimas aufgrund der Freisetzung von Treibhausgasen berechnet. Als Indikator dafür dient das sogenannte Treibhauspotential gemäss IPCC (IPCC, 2021), bezogen auf den Zeitraum von 100 Jahren. Die dabei relevanten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) Hydrofluorkarbonate, Perfluorkohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>).

Aufgrund ihrer verschiedenen physikalischen Eigenschaften haben diese Gase auch einen unterschiedlichen Einfluss auf das Klima, weshalb die anfallenden Emissionen in sogenannte CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) umgerechnet werden. Diese beziffern, wie viel eine bestimmte Menge eines Treibhausgases im Vergleich zur gleichen Menge CO<sub>2</sub> zur globalen Erwärmung beiträgt. So beträgt beispielsweise das CO<sub>2</sub>-Äquivalent für Lachgas über einen Zeitraum von 100 Jahren 273, d.h. eine Tonne Lachgas hat denselben Einfluss auf den Treibhauseffekt wie 273 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Die gesamten Auswirkungen auf die Umwelt werden mit einer aggregierten Kenngrösse, den Umweltbelastungspunkten (UBP) berechnet. Dabei wird die Methode der ökologischen Knappheit angewandt (Bundesamt für Umwelt BAFU, 2021). Sie ermöglicht die Wirkungsabschätzung von Umweltbelastungen aus unterschiedlichen Bereichen, wie z.B. Primärenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen, Luftschadstoffen oder Mikroplastik. Die Methode bewertet und aggregiert diese Umwelteinflüsse basierend auf den gesetzlich festgelegten Schweizer Umweltzielen.

## 6 Resultate

### 6.1 Endprodukt

Für die Teilertragsphase werden keine Resultate für das Endprodukt verarbeitete Haselnüsse im Beutel ausgewiesen, sondern nur für den Haselnussanbau (siehe Kap. 6.2). Aufgrund des momentan sehr geringen Ertrages von 50 kg, wird die gesamte Umweltbelastung dieser kleinen Menge Haselnüsse angerechnet. Der Anbau verursacht somit eine massiv höhere Umweltbelastung pro Kilogramm Nüsse als im Normalfall. Ein sinnvoller Vergleich mit den anderen Lebensphasen des Produktes ist somit nicht möglich.

Aus diesem Grunde werden die Resultate des Endproduktes nur für den Haselnussanbau im Szenario Vollertrag ausgewiesen. Ein Beutel mit 250 g verarbeiteten Haselnüssen verursacht dabei Emissionen von 0.92 kg CO<sub>2</sub>e und eine Umweltbelastung von 6.45 kPoints. In Abb. 2 sind die Resultate aufgeteilt auf die unterschiedlichen Lebensphasen dargestellt.

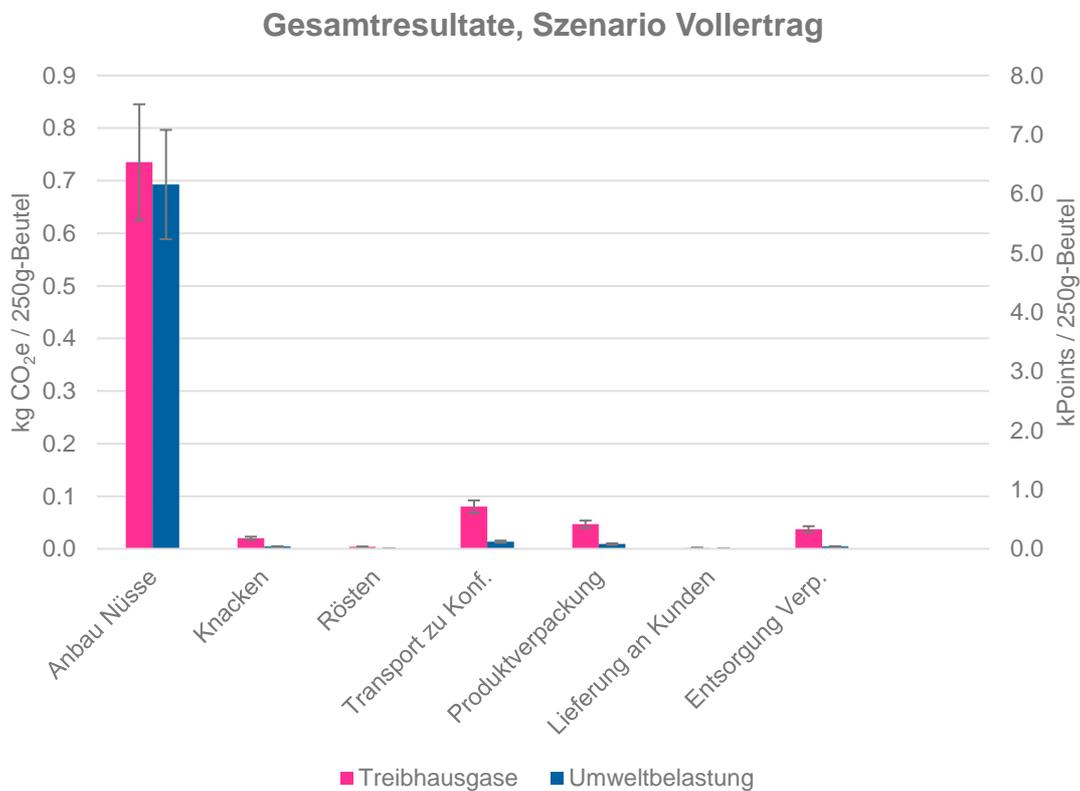


Abb. 2: Gesamtresultate im Szenario Vollertrag inkl. Unsicherheitsbereich, aufgeteilt nach Lebensphasen. Für Treibhausgasemissionen (links), und gesamte Umweltbelastung (rechts).

Wie deutlich sichtbar ist, verursacht der Anbau der Haselnüsse mit Abstand die grösste Umweltwirkung aller Lebensphasen, mit 79 % der gesamten Treibhausgasemissionen und 95 % der gesamten Umweltbelastung. Eine detaillierte Resultatauswertung zum Anbau findet sich im nachfolgenden Kapitel 6.2, weshalb an dieser Stelle nicht weiter auf diese Lebensphase eingegangen wird.

Nach der Anbauphase folgt der Transport zur Konfektionierung, mit 9 % der Emissionen und 2 % der der Umweltbelastung. Dies liegt hauptsächlich am Lieferwagen als Transportmittel. Die Wahl eines grösseren Fahrzeuges mit mehr Ladekapazität würde die Effizienz steigern und somit die Umweltwirkung dieser Phase

senken. Einen weiteren Einfluss hat die Transportverpackung, welche mit 37 kg pro 200 kg Haselnüssen vergleichsweise schwer ist. Hier muss jedoch angemerkt werden, dass dies auf ersten Annahmen basiert, und die tatsächliche Verpackung möglicherweise leichter ist.

Als nächstes folgt die Herstellung der Produktverpackung mit 5 % Anteil an den Emissionen und etwas mehr als 1 % Anteil an der Umweltbelastung. Den grössten Einfluss hat in dieser Phase die Herstellung des Kunststoffes, die Verarbeitung zum Beutel ist weniger relevant. Da der Beutel noch nicht final ausgewählt ist, wurde von Primärkunststoff ausgegangen. Durch die Verwendung von Recycling-Kunststoff könnte die Umweltwirkung dieser Phase deutlich verringert werden.

Mit 4 % der Emissionen und knapp 1 % der Umweltbelastung folgt auf die Herstellung der Verpackung gleich die Entsorgung derjenigen. Obwohl hier von einer Zuführung zum Hausabfall ausgegangen wird, verursacht diese Phase vergleichsweise geringe Umweltwirkungen. Dies liegt am Schweizer Abfallentsorgungssystem mit modernen Kehrlichtverbrennungsanlagen, in welchen zusätzlich Strom und Fernwärme aus Abfall erzeugt wird.

Die beiden Verarbeitungsphasen der Nüsse, das Knacken und das Rösten, haben den geringsten Anteil an der Gesamtbilanz. Das Knacken hat dabei mit 2 % der Emissionen und knapp 1 % der Umweltbelastung noch einen geringen Einfluss, während das Rösten mit weniger als 1 % der Emissionen und der Umweltbelastung nahezu irrelevant ist. Bei beiden Verarbeitungsschritten ist die Energiebereitstellung entscheidend. Der beim Knacken verwendete Schweizer Strommix setzt sich grösstenteils aus Wasserkraft zusammen, welches die Stromerzeugungsart mit den niedrigsten Umweltwirkungen ist. Beim Rösten wurde von Biogas als Brennstoff ausgegangen, welches ebenfalls eine tiefe Umweltbelastung hat. Zudem werden nur die Hälfte der Nüsse geröstet. Bei der Röstung aller Nüsse wäre der Einfluss dieser Phase entsprechend höher, aber immer noch gering im Bezug auf das Gesamtergebnis.

Vergleicht man Treibhausgase und Umweltbelastung miteinander fällt auf, dass der Anbau bei den Emissionen mit 79 % die Bilanz dominiert, aber weniger als bei der Umweltbelastung, wo er einen Anteil von 95 % hat. Dies liegt daran, dass viele im Anbau stattfindende Umweltwirkungen keine Treibhausgase verursachen, und somit nicht in der Emissionsbilanz sichtbar sind (weitere Details siehe Kap. 6.2). Bei den anderen Lebensphasen ist dies weniger der Fall, da in diesen meist der Material- oder Energieverbrauch entscheidend sind. Bei diesen Prozessen machen Treibhausgasemissionen einen Grossteil der gesamten Umweltbelastung aus, was somit zu geringeren Unterschieden führt.

## 6.2 Nur Haselnussanbau

Da der Anbau sowohl bei den Emissionen, als auch bei der Umweltbelastung den grössten Anteil an der Gesamtbilanz hat, wird diese Lebensphase nachfolgend im Detail betrachtet. Wie im vorangehenden Kapitel bereits erwähnt, sind beim Anbau (und allgemein bei landwirtschaftlichen Prozessen) viele unterschiedliche Umweltwirkungen relevant. In diesem Kapitel liegt der Fokus deshalb auf der Umweltbelastung, da die Treibhausgasbilanz viele dieser Umwelteinflüsse nicht abdeckt. Zudem wird auch hier nur das Szenario für den Vollertrag ausgewertet, um realistische Werte darzustellen und einen Vergleich mit anderen Anbauländern zu ermöglichen (siehe Kap. 6.2.1).

Insgesamt verursacht der Anbau in Mettmenstetten 10.6 kPoints pro Kilogramm rohe Haselnüsse. In der nachfolgenden Grafik (Abb. 3) ist die Umweltbelastung der verschiedenen Teilbereiche des Anbaus dargestellt. Im Gegensatz zu den in Kapitel 6.1 beschriebenen Resultaten für das Endprodukt verarbeitete Haselnüsse, bezieht sich die Umweltbelastung hier nicht auf einen 250 g - Beutel, sondern auf ein Kilogramm roher Nüsse in ihrer Schale.

## Anbau, Szenario Vollertrag

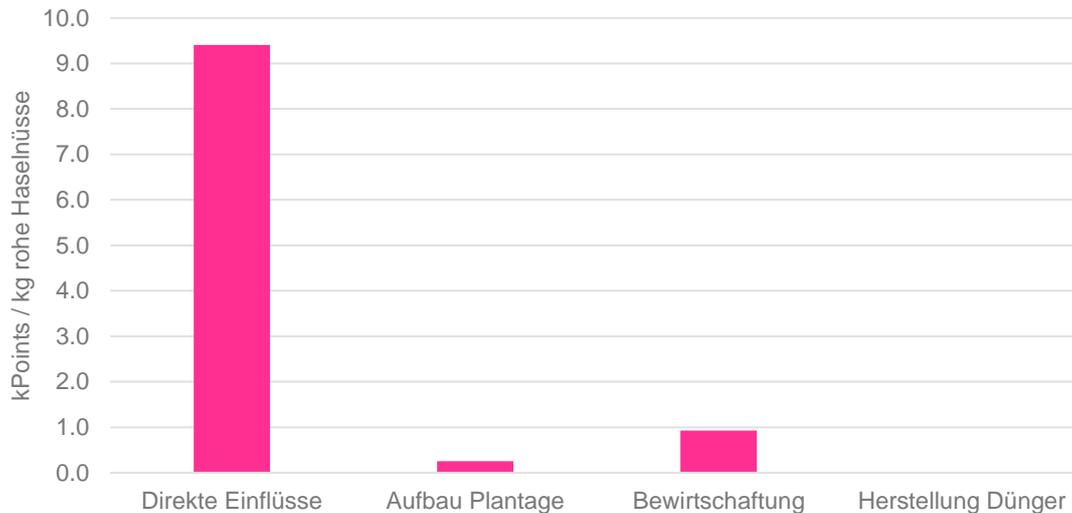


Abb. 3: Umweltbelastung des Anbaus im Szenario Vollertrag, aufgeteilt nach Teilbereichen.

Knapp 89 % der Umweltbelastung wird durch direkte Einflüsse im Anbau verursacht, und entstehen somit vor Ort in Mettmenstetten. Am wichtigsten sind dabei die Landnutzung und der Schwermetall-Eintrag in den Boden.

Unter Landnutzung werden die verschiedenen Einflüsse auf die Biodiversität zusammengefasst, im Vergleich zu einer natürlich belassenen Landschaft. Die Nutzung als landwirtschaftliche Fläche verringert die vorhandene Biodiversität, und verursacht somit eine entsprechend Umweltbelastung.<sup>1</sup>

Der Schwermetall-Eintrag in den Boden steht in direktem Zusammenhang mit dem verwendeten Dünger. Im Szenario Vollertrag wird hauptsächlich Kompost verwendet, in welchem vergleichsweise viel Schwermetall enthalten sein kann, welches durch die Düngung in den Boden gelangt. Die Betonung liegt hier jedoch auf «kann», da es einerseits entscheidend ist, was als Grundmaterial für den Kompost dient, und andererseits die Schwermetall-Belastung des Kompostes durch verschiedene Massnahmen am Sinken ist. Der für die Bilanzierung angewandte Datenbank-Wert beinhaltet einen durchschnittlichen Schweizer Mix, während in Mettmenstetten nur Bio-Kompost eingesetzt werden soll. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die in der Bilanz vorhandene Umweltbelastung durch Kompost an der oberen Grenze der möglichen Bandbreite liegt.

Neben diesen beiden Umweltwirkungen sind auch die in Mettmenstetten freigesetzten Treibhausgase und Luftschadstoffe, sowie Schadstoffe welche ins Gewässer gelangen relevant, jedoch in deutlich geringerem Ausmass. Auch diese Umweltbelastungen werden hauptsächlich vom verwendeten Dünger verursacht.

Betrachtet man die indirekten Umweltwirkungen<sup>2</sup>, welche 11 % der Gesamtbelastung im Anbau ausmachen, ist vor allem die Bewirtschaftung relevant. Der Einsatz von Maschinen, resp. deren Dieserverbrauch, verursacht hier die grösste Umweltbelastung, welche sich vor allem in Treibhausgasen und Luftschadstoffen niederschlägt. Der Aufbau der Plantage, d.h. die benötigten Setzlinge, das Pflanzen der Bäume und das Vorbereiten des Feldes, hat nur einen sehr geringen Einfluss. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass diese einmaligen Aufwände über die gesamte Lebensdauer der Bäume von 40 Jahren verteilt werden, und nicht einem spezifischen Jahr angerechnet werden.

<sup>1</sup> Da die Biodiversität schwierig zu quantifizieren ist, hat Crowd Container eine separate Studie in Auftrag gegeben, welche sich nur mit diesem Thema befasst. Diese befindet sich momentan noch in der Erstellung.

<sup>2</sup> Die Umweltwirkungen, welche nicht direkt durch die Plantage verursacht werden. Diese können aber immer noch vor Ort anfallen, z.B. durch landwirtschaftliche Maschinen.

Die Herstellung des Düngers verursacht keine Umweltbelastung, wie in der Grafik deutlich sichtbar wird, da der verwendete Kompost und Geflügelmist als Abfall betrachtet wird. Die bei der Herstellung entstehende Umweltbelastung wird deshalb dem ursprünglichen Produzenten angerechnet (Cut-Off Ansatz, siehe Kap. 3.5). Kompost und Mist schneiden somit deutlich besser ab als konventionellem Dünger, welcher spezifisch für diesen Zweck hergestellt wird.

## 6.2.1 Vergleich mit Hauptanbauländern

Die separate Resultatauswertung für den Haselnussanbau ermöglicht einen Vergleich mit den traditionellen Hauptanbauländern von Haselnüssen. Dies sind v.a. die Türkei und Italien, wobei sich der Vergleich mit Italien aufgrund der geographischen und klimatischen Nähe zur Schweiz besonders eignet. Für beide Länder sind Daten zum konventionellen Anbau in den Datenbanken vorhanden, welche in der nachfolgenden Grafik (Abb. 4) mit dem Resultat des Anbaus in Mettmensstetten verglichen werden. Wiederum wird dabei das Szenario Vollertrag verwendet, um einen sinnvollen Vergleich zu ermöglichen. Der Anbau in der Italien schneidet mit 9.4 kPoints pro Kilogramm rohe Haselnüsse besser ab als derjenige in Mettmensstetten mit 10.6 kPoints, während der Anbau in der Türkei mit 12.4 kPoints die höchste Umweltbelastung hat.

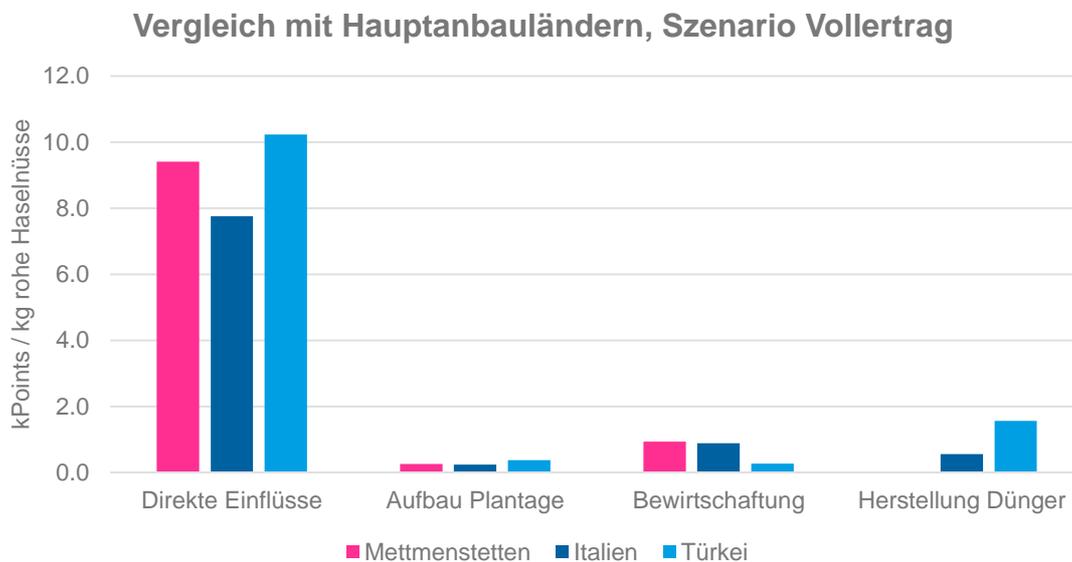


Abb. 4: Vergleich der Umweltbelastung des Anbaus im Szenario Vollertrag mit den Hauptanbauländern von Haselnüssen, aufgeteilt nach Teilbereichen.

Erwartungsgemäss fällt die grösste Umweltbelastung auch bei den anderen Ländern direkt vor Ort auf der Plantage an. Der Anbau in Italien schneidet dabei besser ab als derjenige in der Schweiz, was hauptsächlich am Einsatz von unterschiedlichen Düngern liegt. In Italien wird konventioneller Dünger eingesetzt, der über eine tiefere Schwermetall-Belastung verfügt als der in Mettmensstetten verwendete Kompost. Auch in der Türkei ist dies der Fall, wird aber durch den deutlich höheren Schadstoffeintrag in Gewässer wieder ausgeglichen.

Die indirekten Umwelteinflüsse verhalten sich in Italien und der Türkei ähnlich wie beim Anbau in Mettmensstetten, mit Ausnahme der Herstellung des Düngers. Da kein Kompost und nur wenig Mist verwendet wird, kommt hauptsächlich konventioneller Dünger zum Einsatz. Im Gegensatz zu Kompost und Mist, welche als Abfall betrachtet werden (siehe Kap. 6.2), wird der Herstellungsaufwand von konventionellem Dünger hier angerechnet, was zu deutlich höheren Belastungen führt.

Bei diesen Vergleichen muss auch beachtet werden, dass ein Skaleneffekt zu Unterschieden in allen Teilbereichen und dem Gesamtergebnis führt. Alle Umweltbelastungen werden pro Kilogramm geernteter

Haselnüsse ausgewiesen, d.h. die auf den Plantagen anfallenden Umweltwirkungen werden mit Hilfe des Ertrages heruntergebrochen. Dieser Ertrag unterscheidet sich in den betrachteten Ländern: in Mettmensstetten wird von 1'333 kg Haselnüsse pro Hektare im Szenario Vollertrag ausgegangen, in Italien sind dies 1'456 kg, und in der Türkei werden 1'270 kg geerntet. Die Umweltbelastung verteilt sich in der Türkei und der Schweiz somit auf weniger Nüsse als in Italien. Die absolute Umweltbelastung pro Hektare ist in Mettmensstetten am tiefsten, da aber weniger Nüsse geerntet werden schneidet Italien pro Kilogramm Haselnüsse besser ab. Die Nüsse aus der Türkei weisen sowohl absolut als auch relativ die höchste Umweltbelastung aus.

### 6.3 CO<sub>2</sub>-Fixierung im Haselnussanbau

Die Modellierung der Änderungen im Kohlenstoff-Kreislauf wird für zwei Bereiche durchgeführt, einerseits für die Pflanzen, d.h. die Haselnussbäume, und andererseits für den Boden. Zudem wird auch eine Aufteilung auf die beiden vorangehenden Landnutzungsformen gemacht, da diese Entscheidend sind für die Änderungen. Die Resultate sind in diese Segmente aufgeteilt (Abb. 5), und beziehen sich wiederum auf das Szenario Vollertrag, um realistische Werte pro Kilogramm geernteter Haselnüsse zu erhalten.

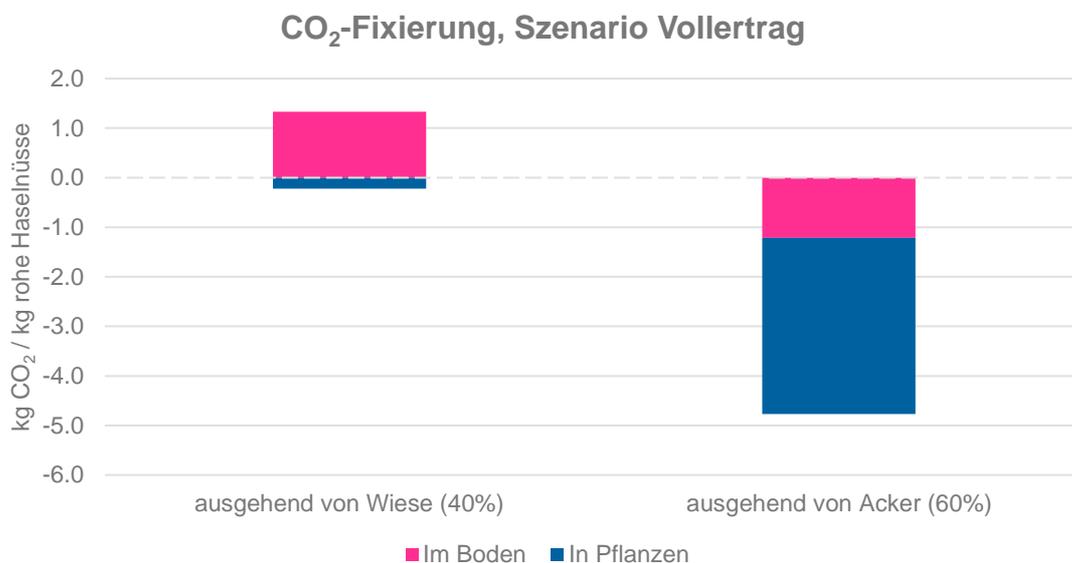


Abb. 5: CO<sub>2</sub>-Fixierung im Szenario Vollertrag, aufgeteilt nach Boden und Pflanzen, sowie vorangehenden Landnutzungsformen. Negative Werte stellen eine Aufnahme von CO<sub>2</sub> dar.

Fasst man alle Segmente zusammen ergibt sich eine Fixierung von - 3.66 kg CO<sub>2</sub>e pro Kilogramm geernteter, roher Haselnüsse. Wie anhand der Grafik ersichtlich wird, beinhaltet dieses Netto-Resultat jedoch nicht nur CO<sub>2</sub>-Senken, sondern auch eine Quelle.

Diese ist bedingt durch die Änderung der Nutzungsform von einer Wiese zur Plantage, wodurch CO<sub>2</sub> aus dem Boden freigesetzt wird. Bei der Wiese gelangt durch die Gräser mehr Kohlenstoff in den Boden als auf einer Plantage. Beim Wegfall der Gräser wird dieser in Form von CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt. Demgegenüber erfolgt beim Wechsel von der vorangehenden Nutzungsform Acker ein Eintrag von Kohlenstoff in den Boden, da die Haselnussbäume zu einem höheren Kohlenstoffeintrag in den Boden führen als übliche Ackerpflanzen.

Betrachtet man die Pflanzen selbst findet sowohl ausgehend von der Wiese, als auch vom Acker, eine CO<sub>2</sub>-Fixierung statt. Durch das grössere Gewicht der Haselnussbäume, und somit der grösseren Biomasse, kann

mehr Kohlenstoff aufgenommen werden. Wiederum ist die Fixierung ausgehend vom Ackerland deutlich höher als bei der Wiese als vorangehender Nutzungsform.

Alle ausgewiesenen Emissionen sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da in Mettmensetten immer noch viele Gräser zwischen den Bäumen vorhanden sind. Die Datenbank-Werte, welche für die Modellierung verwendet werden, basieren auf konventionellen Plantagen und berücksichtigen dies nicht resp. in geringerem Umfang. Somit wird die CO<sub>2</sub>-Fixierung in Mettmensetten sehr wahrscheinlich höher ausfallen als bilanziert, und die CO<sub>2</sub>-Quelle bei der Nutzungsänderung ausgehend von der Wiese deutlich tiefer sein.

Wie bereits in Kap. 4.1.2 erwähnt, muss bei diesen Resultaten zudem beachtet werden, dass sie nur während des Aufbaus der Plantage gültig sind. Haben die Bäume ihre volle Grösse erreicht, findet kein zusätzlicher Aufbau von Biomasse mehr statt, und somit auch keine zusätzliche Fixierung. Ab diesem Zeitpunkt wird von einem Gleichgewichtszustand ausgegangen, in welchem Bäume am Ende ihrer Lebensdauer 1:1 ersetzt werden. Die Freisetzung von CO<sub>2</sub> durch die Entsorgung des alten Baumes wird durch das Wachstum des neuen Baumes ausgeglichen. Auch im Boden hat sich ein neues Gleichgewicht eingestellt, da keine Änderung der Bepflanzungsform mehr stattfindet.

In der vorliegenden Studie wurde von einem Zeitraum von 20 Jahren ausgegangen, in welchem diese Änderungen modelliert werden. Diese Dauer orientiert sich am üblichen Zeitrahmen, in welchem Änderungen der Landnutzungsform erfasst und ausgewiesen werden.

## 7 Diskussion

Wie bereits vermutet, dominiert der Anbau der Nüsse die Bilanz, sowohl bei den Treibhausgasen wie auch bei der Umweltbelastung. Bei der detaillierten Betrachtung der verschiedenen Einflüsse auf den Anbau bietet sich jedoch ein etwas ungewöhnlicheres Bild, was hauptsächlich am verwendeten Dünger liegt. Im Vergleich zum konventionellen Anbau verursacht dessen Bereitstellung keine Belastung, da in Mettmensetten Kompost und Mist verwendet wird. Demgegenüber haben diese Dünger eine höhere Schwermetallbelastung als konventioneller Mineraldünger, was sich dann wiederum in der direkten Umweltbelastung auf der Plantage niederschlägt. Wie bereits in Kap. 6.2 diskutiert, ist diese Schwermetallbelastung stark abhängig von der individuellen Quelle des Kompost.

Der Bio-Dünger und der nicht vorhandene Einsatz von Pestiziden sind zudem die Hauptgründe für die Unterschiede zu den traditionellen Hauptanbauländern Italien und Türkei. Bei diesem Vergleich spielt auch der vorhandene Skaleneffekt eine grosse Rolle, da die Erntemenge pro Hektar sich in allen Ländern unterscheidet. Wenn eine grössere Menge an Nüssen geerntet wird, kann dies den höheren Einsatz von Dünger und Pestiziden ausgleichen.

Die restlichen Lebensphasen der im Beutel verpackten und verarbeiteten Nüsse haben nur noch einen geringen Anteil an der Gesamtbilanz. Überraschend ist dabei, dass das Rösten nahezu keine Belastung verursacht. Dies erklärt sich teilweise dadurch, dass nur die Hälfte der Nüsse geröstet werden. Der Hauptgrund liegt jedoch in der Verwendung von Biogas als erneuerbare Wärmequelle.

Demgegenüber verursacht die Phase des Transports von der Plantage zur Verarbeitung eine ungewöhnlich hohe Umweltbelastung. Dies liegt einerseits am Transportmittel, das der Lieferwagen nicht sehr effizient ist, und andererseits an der relativ schweren Verpackung. Da jedoch noch unklar ist, wo die Verarbeitung stattfindet, und auch die Verpackung geschätzt wurden, kann sich diese Phase noch deutlich ändern.

Betrachtet man das getrennt von der Hauptbilanz berechnete Szenario der CO<sub>2</sub>-Fixierung fällt auf, dass diese sehr hoch ausfällt. Dies muss jedoch mit Vorsicht betrachtet werden, da diese Resultate nur während des Aufbaus der Plantage gültig sind, in welcher sich die Biomasse der Pflanzen und die Bodenprozesse ändern. Zudem muss beachtet werden, dass diese Fixierung reversibel sein kann. Sollte in Zukunft kein Haselnussanbau in Mettmensetten mehr betrieben werden, und zur ursprünglichen Nutzungsform Ackerland und Wiese zurückgekehrt wird, erfolgt eine Freisetzung des gebundenen CO<sub>2</sub>.

## 8 Literaturverzeichnis

- Agroscope & Quantis. (2019). WFLDB 3.5. *World Food LCA Database*. Wädenswil & Zürich, Schweiz.
- Bundesamt für Umwelt BAFU. (2021). Ökofaktoren Schweiz 2021. *Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit*. Bern, Schweiz.
- ecoinvent. (2022). ecoinvent 3.9. *Ökoinventar Datenbank Version 3.9 des Schweizerischen Zentrums für Ökoinventare*. Zürich, Schweiz.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. *IPCC AR6 WG1 Ch7 2021*, 1017 pp., Table 7.15. Cambridge University Press.
- Tomo, M., & Nebojša, M. (2017). Determination of Size and Shape Features of Hazelnuts. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16(5), S. 49–61. doi:DOI: 10.24326/asphc.2017.5.6

## 9 Anhang

### 9.1 Resultate in Zahlenform

Gesamtresultate Treibhausgase [kg CO <sub>2</sub> e / Beutel (250g)]	Anbau	Transport zu Verarb.	Knacken	Rösten	Produktver- -packung an Kunden	Lieferung an Kunden	Entsorgung Verpackun- g g	Gesamt	Unsicher- heit
Teilertrag (momentan)	34.22	0.08	0.03	0.00	0.05	0.00	0.04	<b>34.42</b>	+/- 5.16
Vollertrag (geplant)	0.74	0.08	0.02	0.00	0.05	0.00	0.04	<b>0.92</b>	+/- 0.14

Gesamtresultate Umweltbelastung [kPt / Beutel (250g)]	Anbau	Transport zu Verarb.	Knacken	Rösten	Produktver- -packung an Kunden	Lieferung an Kunden	Entsorgung Verpackun- g g	Gesamt	Unsicher- heit
Teilertrag (momentan)	388.95	0.12	0.04	0.01	0.08	0.00	0.04	<b>389.24</b>	+/- 58.39
Vollertrag (geplant)	6.16	0.12	0.04	0.01	0.08	0.00	0.04	<b>6.45</b>	+/- 0.97

Nur Anbau Treibhausgase [kg CO <sub>2</sub> e / kg Haselnüsse]	Direkte Emissionen	Aufbau Plantage	Bewirt- schaftung	Dünger	Gesamt	Unsicherheit
Teilertrag (momentan)	16.99	4.54	16.22	9.77	<b>47.52</b>	+/- 7.13
Vollertrag (geplant)	0.56	0.06	0.41	0.00	<b>1.02</b>	+/- 0.15

Nur Anbau Umweltbelastung [kg CO <sub>2</sub> e / kg Haselnüsse]	Direkte Emissionen	Aufbau Plantage	Bewirt- schaftung	Dünger	Gesamt	Unsicherheit
Teilertrag (momentan)	511.07	20.43	37.16	18.31	<b>586.96</b>	+/- 88.04
Vollertrag (geplant)	9.40	0.26	0.93	0.00	<b>10.59</b>	+/- 1.59
Italien (konventionell)	7.76	0.24	0.89	0.55	<b>9.43</b>	+/- 1.41
Türkei (konventionell)	10.23	0.37	0.27	1.57	<b>12.43</b>	+/- 1.86

Nur Anbau CO <sub>2</sub> -Fixierung [kg CO <sub>2</sub> e / kg Haselnüsse]	In Boden - von Wiese (40%)	In Boden - von Acker (60%)	In Pflanzen - von Wiese (40%)	In Pflanzen - von Acker (60%)	Gesamt	Unsicherheit
Vollertrag (geplant)	1.33	- 1.22	- 0.22	- 3.56	<b>- 3.66</b>	+/- 0.55