

Universität für Bodenkultur Wien

University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Institut für Landtechnik

Ökobilanzierung von Tafeltrauben aus Ostösterreich

Masterarbeit

an der Universität für Bodenkultur

Masterstudium: Ökologische Landwirtschaft

eingereicht von

Birgit Mairinger, Bakk. techn.

betreut von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Gronauer

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Piringer

Wien, Februar 2016

Danksagungen

Allen voran bedanke ich mich bei meinen Betreuern Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Gronauer und Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Piringer, die mich mit ihrem Fachwissen hilfsbereit unterstützt haben. Hierbei gilt mein ausdrücklicher Dank Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Piringer, der mir nicht nur fachlich jederzeit zur Seite stand, sondern mich auch stets moralisch unterstützte und durch seine kontinuierliche Motivation zur Vollendung dieser Arbeit einen großen Teil beigetragen hat. Danke, lieber Gerhard, für deine unermüdliche Bestärkung und Hilfsbereitschaft!

Weiters möchte ich den Leitern der drei im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Betriebe für die Zurverfügungstellung ihrer Betriebsdaten danken. Vielen Dank für Ihre Zeit und Mühen sowie Ihre freundliche, entgegenkommende und hilfsbereite Art, mit der Sie auch auf mehrmalige Rückfragen reagiert haben!

Daneben gilt mein Dank Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Redl, Dr.rer.nat.techn. Stefan Hörtenhuber, Dipl.-Ing. Werner Pölz, HR. Ing. Mag. Franz Rosner, deren fachliche Auskünfte wichtige Beiträge für diese Masterarbeit waren.

Ganz besonders möchte ich meinen Eltern Elisabeth und Dr. Anton Mairinger meinen innigsten Dank für ihre Unterstützung jedweder Art danken, mithilfe derer sie mir dieses Studium ermöglicht und erleichtert haben. An dieser Stelle auch vielen Dank, liebe Mama, für das Korrekturlesen meiner Arbeit!

Ebenso bedanke ich mich von ganzem Herzen bei meiner Schwester Gudrun Mairinger und meinem Lebensgefährten Carl Ralph Joseph Magno, die mir die größte seelische Stütze beim Erstellen dieser Arbeit waren. Danke euch beiden, dass ihr in dieser turbulenten Zeit mit schier unendlicher Geduld, Zuspruch und Ermutigung für mich da wart und mir so viel Kraft gegeben habt!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
2	Problemstellung	14
2.1	Literaturübersicht - Weinproduktion in der Ökobilanzierung	14
2.1.1	Weinbau im Klimawandel im Traisental.....	14
2.1.2	Treibhausgasemissionen in der landwirtschaftlichen Phase der Weinproduktion in der Toskana, Italien.....	15
2.1.3	Ökobilanz und Emergy Evaluation zweier Weingüter in der Toskana, Italien	16
2.1.4	Umweltwirkungen von Wein aus Sardinien	18
2.1.5	POEMS: Fallstudie eines italienischen Weinproduzenten.....	18
2.1.6	Ökobilanzierung der Produktion von <i>Crianza</i> in Spanien.....	19
2.1.7	Kombination von Ökobilanzierung und Data Envelopment Analysis der Traubenproduktion zur Herstellung von <i>Rias Baixas</i> in Spanien	20
2.1.8	Ökobilanzierung der Wertschöpfungskette des Weißweins <i>Vinho Verde</i> aus Portugal.....	22
2.1.9	Umweltauswirkungen der Weinproduktion in Neuschottland, Kanada	23
2.2	Zusammenfassende Betrachtung der Literatur und Ableitung des Forschungsbedarfs.....	24
3	Zielsetzung.....	27
4	Material und Methode	28
4.1	Ökobilanz.....	28
4.1.1	Die vier Phasen einer Ökobilanz	29
4.1.2	Software	33
4.1.3	Datenerhebung und -qualität.....	35
4.1.4	Untersuchte Wirkungskategorien	37
4.1.4.1	Auswahl der Wirkungskategorien.....	37
4.1.4.2	Klimawandel (GWP 100).....	38
4.1.4.3	Eutrophierung von Süßwasserkompartimenten (Freshwater Eutrophication – FEP).....	39
4.1.4.4	Toxizität.....	39

4.2	Modellaufbau Tafeltrauben	40
4.2.1	Systemgrenzen	40
4.2.2	Neu- und Junganlage	43
4.2.3	Ertragsanlage	45
4.2.4	Verpackung	51
4.2.5	Lagerung	51
4.2.6	Transport	52
4.3	Beschreibung der modellierten Betriebe	53
4.3.1	Hypothetischer Referenzbetrieb R	53
4.3.2	Betrieb A	54
4.3.3	Betrieb B	56
4.3.4	Betrieb C	57
4.3.5	Die vier untersuchten Betriebe im Überblick	59
4.4	Angenommene Schwankungsbreiten der Daten	62
5	Ergebnisse und Diskussion	66
5.1	Ergebnisse für den hypothetischen Referenzbetrieb R	66
5.1.1	Treibhauspotenzial	66
5.1.2	Aquatische Eutrophierung	67
5.1.3	Terrestrische Ökotoxizität	69
5.1.4	Humantoxizität	70
5.2	Ergebnisse für Betrieb A	71
5.2.1	Treibhauspotenzial	71
5.2.2	Aquatische Eutrophierung	72
5.2.3	Terrestrische Ökotoxizität	73
5.2.4	Humantoxizität	75
5.3	Ergebnisse für Betrieb B	76
5.3.1	Treibhauspotenzial	76
5.3.2	Aquatische Eutrophierung	77
5.3.3	Terrestrische Ökotoxizität	79
5.3.4	Humantoxizität	80

5.4	Ergebnisse für Betrieb C	81
5.4.1	Treibhauspotenzial	81
5.4.2	Aquatisches Eutrophierungspotenzial	82
5.4.3	Terrestrische Ökotoxizität.....	83
5.4.4	Humantoxizität	84
5.5	Vergleichende Analyse und Diskussion der Ergebnisse der vier Betriebe... 86	
5.5.1	Treibhauspotenzial	86
5.5.2	Aquatisches Eutrophierungspotenzial	89
5.5.3	Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial.....	92
5.5.4	Humantoxizitätspotenzial	94
5.6	Unsicherheitsbetrachtung	95
5.6.1	Sensitivitätsanalyse.....	96
5.6.1.1	Auswirkungen von Ertragseinbußen.....	96
5.6.1.2	Verwendung von 1 kg/ha/a Kupfer in Betrieb A.....	98
5.6.1.3	Verwendung von LDPE–Beuteln in Betrieb B.....	98
5.6.1.4	Einsatz modernerer Traktoren in den Betrieben A und C.....	99
5.6.2	Abschätzung der Unsicherheiten der Ergebnisse am Beispiel des Treibhauspotenzials der vier untersuchten Betriebe	100
6	Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen	103
7	Weiterführende Arbeiten	105
8	Zusammenfassung.....	107
9	Kurzfassung und Abstract	110
9.1	Kurzfassung	110
9.2	Abstract.....	111
10	Literaturverzeichnis	112
11	Anhang.....	126
	Anhang A – Datenerfassungsblatt - Tafeltrauben aus Ostösterreich.....	126
	Anhang B – Inputliste für den hypothetischen Referenzbetrieb R	131
	Anhang C - Inputliste für Betrieb A	153
	Anhang D – Inputliste für Betrieb B	167

Anhang E – Inputliste für Betrieb C	184
Anhang F – Stickstoffbedarf der Weinrebe.....	202
Anhang G – Berechnung der Stickstoffemissionen – Hypothetischer Referenzbetrieb R	203
Anhang H – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb A.....	211
Anhang I – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb B	219
Anhang J – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb C	228
Anhang K – Darstellung der Schwankungsbreiten der Ergebnisse der vier untersuchten Betriebe	241
Anhang K – Literaturgeleitete Abschätzung von Emissionsfaktoren f. "alte" Traktoren für leichte Pflegearbeiten	247

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtemissionen der zwei Weinbaubetriebe in der Provinz Siena, Italien (Pizzigallo et al. 2008, S.400)	17
Tabelle 2: Eckdaten zu den vier untersuchten Betrieben	59
Tabelle 3: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für den hypothetischen Referenzbetrieb R	62
Tabelle 4: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb A.....	63
Tabelle 5: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb B.....	64
Tabelle 6: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb C.....	65
Tabelle 7: Vergleich des Treibhauspotenzials der untersuchten Verpackungssysteme	87
Tabelle 8: Vergleichende Darstellung der Treibhauspotenziale aus der Literatur....	88
Tabelle 9: Vergleichende Darstellung des Treibhauspotenzials von Tafeltrauben aus den vier untersuchten Betrieben.....	88
Tabelle 10: Vergleich des aquatischen Eutrophierungspotenzials (FEP) der untersuchten Verpackungssysteme.....	90
Tabelle 11: Vergleichende Darstellung des Eutrophierungspotenzials aus der Literatur	91
Tabelle 12: Eutrophierungspotenziale von Tafeltrauben aus den vier untersuchten Betrieben	91
Tabelle 13: Änderungen der Ergebnisse des hypothetischen Referenzbetriebs R bei Ertragseinbußen.....	97
Tabelle 14: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb A bei Ertragseinbußen.....	97
Tabelle 15: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb B bei Ertragseinbußen.....	97
Tabelle 16: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb C bei Ertragseinbußen	98
Tabelle 17: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb A bei Einsatz von 1 kg Kupfer	98
Tabelle 18: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb B bei Verpackung mit LDPE Beuteln	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhauspotenzial von 40 untersuchten Betriebe in Galicien (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.96)	21
Abbildung 2: Phasen einer Ökobilanz (Klöpffer & Grahl 2009, S.12, nach ISO 14040 2006a)	29
Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls mit seinen Inputs und Outputs (Klöpffer & Grahl 2009, S.67)	31
Abbildung 4: Bestandteile der Wirkungsabschätzungsphase (eigene Darstellung nach ISO 2006a, S.29)	32
Abbildung 6: Schematische Darstellung eines Produktsystems	34
Abbildung 5: The Management Triangle (Nemecek 2013, S.46)	38
Abbildung 7: Vereinfachte Darstellung des Produktsystems Tafeltraubenproduktion	42
Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung des Nährstoffkreislaufes der Rebe (Bauer 2010, S.250)	47
Abbildung 9: Stickstoffbilanz im Weingarten	49
Abbildung 10: Treibhauspotenzial der Produktion von 1 kg Trauben im hypothetischen Referenzbetrieb R	66
Abbildung 11: Aquatisches Eutrophierungspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R	68
Abbildung 12: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R	69
Abbildung 13: Humantoxizitätspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R ..	70
Abbildung 14: Treibhauspotenzial von Betrieb A	71
Abbildung 15: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb A	73
Abbildung 16: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb A	74
Abbildung 17: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb A	75
Abbildung 18: Treibhauspotenzial von Betrieb B	76
Abbildung 19: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb B	78
Abbildung 20: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb B	79
Abbildung 21: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb B	80

Abbildung 22: Treibhauspotenzial von Betrieb C	81
Abbildung 23: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb C	82
Abbildung 24: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb C	83
Abbildung 25: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb C	84
Abbildung 26: Treibhauspotenzial der vier untersuchten Betriebe.....	86
Abbildung 27: Aquatisches Eutrophierungspotenzial der vier untersuchten Betriebe	89
Abbildung 28: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial der vier untersuchten Betriebe	92
Abbildung 29: Humantoxizitätspotenzial der vier untersuchten Betriebe	94
Abbildung 30: Unsicherheiten - GWP von Betrieb A.....	100
Abbildung 31: Unsicherheiten - GWP von Betrieb B.....	101
Abbildung 32: Unsicherheiten - GWP von Betrieb C	101
Abbildung 33: Unsicherheiten - GWP des hypothetischen Referenzbetriebs R	102
Abbildung 34: Stickstoffbedarf der Weinrebe im Jahresverlauf (Fader 2003).....	202

Abkürzungsverzeichnis

1,4-DCB-eq	1,4-Dichlorbenzoläquivalente
a	Jahr
Akh	Arbeitskraftstunden
Bj.	Baujahr
CO ₂ -eq	Kohlendioxidäquivalente
dt	Dezitonne
FEP	Aquatisches Eutrophierungspotenzial – Süßwasser (Freshwater Eutrophication Potential)
GWP	Treibhauspotenzial – 100-jähriger Zeithorizont (Global Warming Potential)
ha	Hektar
ha _e	Hektar in ecoinvent-Datensätzen
HDPE	High Density Polyethylene (Polyethylen mit hoher Dichte)
HTPinf	Human Toxicity Potential infinite (Humantoxizitätspotenzial – zeitlich unbegrenzt)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kWh	Kilowattstunden
l	Liter
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
LDPE	Polyethylen mit niedriger Dichte (Low Density Polyethylene)
Mh	Maschinenstunden
N ₂ O	Lachgas
NH ₃	Ammoniak
NO ₃	Nitrat
NO _x	Stickoxide
ÖKL	Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung
P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid
P-eq	Phosphoräquivalente

PE	Polyethylen
PO ₄ -eq	Phosphatäquivalente
PP	Polypropylen
SALCA	Swiss Agricultural Life Cycle Assessment
SO ₂	Schwefeldioxid
SO _x	Schwefeloxide
Stk	Stück
t	Tonne
TETPinf	Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial – zeitlich unbegrenzt (Terrestrial Ecotoxicity Potential infinite)
Th	Traktorstunden
THG	Treibhausgase
TSP	Triple Super Phosphat
vkm	Fahrzeugkilometer
VOC	Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen)

1 Einleitung

Die Österreicherinnen und Österreicher essen laut Statistik Austria (2014) jährlich 29464 t Tafeltrauben, auch Speisetrauben genannt. Das entspricht einem Konsum von 3,5 kg pro Kopf. Damit stehen Tafeltrauben laut RollAMA (s.a.) nach Bananen und Äpfeln auf Platz drei der beliebtesten Obstsorten in Österreich.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass laut Statistik Austria (2014) sämtliche Trauben aus dem Ausland nach Österreich importiert werden. Die österreichische Produktion scheint derzeit in der Versorgungsbilanz nicht auf.

Dies mag auf den ersten Blick erstaunen, da in Österreich in zahlreichen Regionen auf insgesamt 48557,67 ha Weintrauben kultiviert werden (Statistik Austria 2007). Allerdings werden auf dem Großteil dieser Flächen Keltertrauben und nicht Tafeltrauben produziert. Der Unterschied dieser beiden Klassifizierungen besteht darin, dass Tafeltrauben zum direkten Verzehr als Obst produziert und vermarktet werden und Keltertrauben der Herstellung von Wein dienen. Dadurch unterscheiden sich die beiden einerseits in den Qualitätskriterien wie Größe, Geschmack und Aussehen (Ollig 2010, S.10f), andererseits in den rechtlichen Bestimmungen, denen sie unterliegen. So dürfen zum Zwecke der Vermarktung als Speisetraube nur klassifizierte Tafeltraubensorten und keine Keltertraubensorten angepflanzt werden, und aus Tafeltrauben darf kein Wein hergestellt werden. Der Anbau von Tafeltrauben stand bis zum Jahr 2000 in starker Konkurrenz zum Anbau von Keltertrauben. Erst seit einer Änderung der EU-Weinmarktordnung und dem Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 1493/99 unterliegen Tafeltrauben auf EU-Ebene nicht mehr dem Weinrecht, sondern werden dem Obstbau zugerechnet und könnten somit eigentlich in größerem Umfang kultiviert werden (Ollig 2010, S.8f). Da die Landesweinbaugesetze in Österreich dieser EG-Verordnung noch nicht vollständig angepasst wurden, sind die Produktionsmöglichkeiten in Österreich noch immer limitiert.

Obwohl der Anbau von Tafeltrauben in Österreich derzeit statistisch nicht erfasst ist, gibt es ihn bereits im relativ kleinen Rahmen. Ein Beispiel für eine überbetriebliche Zusammenarbeit ist die Vermarktung der *Weinviertler Tafeltrauben*, einem Gemeinschaftsprojekt der Landwirtschaftskammer Niederösterreich, dem Lehr- und Forschungszentrum (LFZ) für Wein- und Obstbau Klosterneuburg und den Firmen *Frutura* und *SPAR*. Dieses Projekt möchte den österreichischen KonsumentInnen

eine Alternative zu ausländischen Trauben bieten (Wisek 2010). Laut BMLFUW (2010) liegt Regionalität bei ÖsterreicherInnen voll im Trend. Einer vom BMLFUW in Auftrag gegebenen Studie zufolge verwenden bereits neun von zehn ÖsterreicherInnen bevorzugt Lebensmittel aus der Region. Außerdem berücksichtigen bereits 50 % der Konsumenten beim Einkauf die Umweltauswirkungen der Produkte (APA 2013).

Heimische Tafeltrauben haben im Gegensatz zu jenen aus dem Ausland große Vorteile, beispielsweise kürzere Transportdistanzen, ein besseres Aroma, da sie am Stock ausreifen können, einen geringeren Pflanzenschutzmitteleinsatz durch die Verwendung robusterer Traubensorten und die Schaffung von Arbeitsplätzen im Land (Ollig 2010, S.9).

Bei all diesen positiven Aspekten des heimischen Anbaus ist jedoch nicht zu vergessen, dass die Produktion von Trauben auch negative Auswirkungen auf die Umwelt hat; unter anderem die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln und (mineralischen) Düngemitteln, der Einsatz von Traktoren im Weingarten, die Produktion und Entsorgung der Verpackungsmaterialien, sowie die Tatsache, dass der Transport zu den KundInnen vor allem mit Schadstoffemissionen in die Luft, den Boden und Gewässer verbunden ist. Diese Emissionen können zu verschiedenen nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt führen, wie etwa zu Klimawandel, Eutrophierung und Versauerung von Gewässern und Böden, sowie zu Ozonabbau in der Stratosphäre.

2 Problemstellung

2.1 Literaturübersicht - Weinproduktion in der Ökobilanzierung

Weinproduktion ist in der Ökobilanzierung einer der meist untersuchten Sektoren im Agrar- und Lebensmittelbereich (Bosco et al. 2011, S.94), und es existieren dazu einige Studien. Der Anbau von Tafeltrauben wurde jedoch nach Wissen der Verfasserin bisher im Rahmen einer Ökobilanzstudie noch nicht untersucht. Da die Produktion von Tafeltrauben der Produktion von Keltertrauben sehr ähnlich ist, werden in diesem Kapitel einige Ökobilanz-Studien bzw. Studien vorgestellt, die sich mit den potenziellen Auswirkungen der Weinproduktion auf die Umwelt in verschiedenen Regionen der Welt befassen. Dabei werden hauptsächlich die Ergebnisse beschrieben, die sich auf die Phase der Traubenproduktion beziehen und somit für diese Masterarbeit relevant sind. Auf die Resultate bezüglich der Weinherstellung im Weinkeller, der Herstellung und Entsorgung der Weinflaschen bzw. anderer nachfolgender Prozesse wird nicht genauer eingegangen. Im folgenden Literaturüberblick wird der Fokus zudem auf jene Umweltwirkungen gelegt, die auch im Rahmen dieser Masterarbeit untersucht wurden.

2.1.1 Weinbau im Klimawandel im Traisental

Im WEINKLIM-Projekt gingen 5 Forschungsinstitutionen (Universität für Bodenkultur, LFZ Klosterneuburg, SERI Nachhaltigkeitsforschungs- und Kommunikations GmbH, NÖ Weinbauverband, IK Traisental und AIT Austrian Institute of Technology GmbH) der Fragen nach, wie sich der Weinbau an den Klimawandel anpassen kann, und wie er selbst seine Treibhausgasemissionen und damit seinen Beitrag zum Klimawandel verringern kann. Zu diesem Zweck wurden die Emissionen, die während der gesamten Wein-Produktionskette abgegeben werden, ermittelt. Der Untersuchungsrahmen reichte von Tätigkeiten im Weingarten über die Herstellung des Weines im Weinkeller bis hin zur Vermarktung des Weins. Dazu wurden in neun repräsentativen Weinbaubetrieben im Traisental Daten erfasst. Die untersuchten Weinbaubetriebe unterscheiden sich stark in ihrer Produktionsweise; sie wurden biologisch, integriert oder konventionell bewirtschaftet.

Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei der Traubenproduktion im Weingarten 0,34 +/- 0,13 kg CO₂e pro kg Trauben bzw. 0,47 +/- 0,17 kg CO₂e pro Liter Wein emittiert werden. Während der Phase der Traubenproduktion waren der Dieselverbrauch, gefolgt von Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, die Hauptemissionsquellen. Auf vier Betrieben wurden die Treibhausgasemissionen aus dem Boden gemessen, und es stellte sich heraus, dass diese für 27% der Treibhausgasemissionen im Weingarten verantwortlich sind. Hierbei spielen Bodenbearbeitung und Düngung eine wesentliche Rolle. Je intensiver der Boden bearbeitet wurde, desto höher waren die emittierten CO₂-Äquivalente pro Jahr. Bei minimaler Bearbeitung hingegen wurde der Boden sogar zur Senke von CO₂-eq; es wurden also mehr CO₂-eq gespeichert, als an die Luft abgegeben. Die Funktion als CO₂-Senke konnte durch organische Düngergaben verstärkt werden (Soja et al. 2010, S.3f). Wurde hingegen in einem Betrieb der Boden intensiv bearbeitet und zusätzlich organisch gedüngt, überwogen bei Weitem die Auswirkungen der intensiven Bodenbearbeitung den positiven Effekt der organischen Düngung, und die Treibhausgasemissionen stiegen an (Zehetner et al. 2010, S.37).

Der Einsatz von Mineraldüngern führte zu einem Anstieg der Lachgasemissionen. Bei der Ausbringung von 100 kg N/ha in Form von Dünger erhöhten sich die Emissionen um 0,4 – 0,5 t CO₂-eq pro Hektar und Jahr. Darüber hinaus hatte sowohl die Entnahme des Rebschnittmaterials als auch der Verzicht auf Begrünung negative Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz.

Der Transport zu den Kunden, der hauptsächlich durch Selbstabholung erfolgte, wurde mit 0,24 +/- 0,29 kg CO₂-eq pro Liter Wein beziffert (Soja et al. 2010, S.3f).

2.1.2 Treibhausgasemissionen in der landwirtschaftlichen Phase der Weinproduktion in der Toskana, Italien.

Diese Studie von Bosco et al. (2011) ist Teil des *Carbon Label Projects* und hat die CO₂-Bilanz von vier verschiedenen Weinen aus dem Bezirk Maremma in der Toskana erstellt. Besonderes Gewicht wurde auf die Bedeutung der landwirtschaftlichen Phase im Herstellungsprozess gelegt. Untersucht wurden zwei Weine aus kleineren und zwei aus mittelgroßen bis großen Weinbaubetrieben.

Die funktionelle Einheit ist eine 0,75 l Flasche Wein. In die Evaluierung wurden die Prozesse ab der Vorbereitung der Fläche für die Pflanzung des Weingartens bis hin zum Transport zu einer durchschnittlichen Vertriebsplattform und die Entsorgung

bzw. das Recycling des Verpackungsmaterials nach dem Verbrauch miteinbezogen. Auch die direkten und indirekten N₂O-Emissionen aus dem Boden des Weingartens wurden berücksichtigt und nach IPCC (De Klein et al. 2006) berechnet. Die CO₂-Emissionen, die durch Kohlenstoffbestandsänderungen in der Biomasse und im Boden entstehen, sowie die biogenen CO₂-Emissionen (z. B. Traubengärung) wurden nicht erfasst (Bosco et al. 2011, S.94f).

Bosco et al. (2011) kamen zu dem Ergebnis, dass die landwirtschaftliche Produktionsphase 22 % des gesamten Treibhauspotenzials der Weinherstellung ausmacht. Im Laufe der Produktion der vier verschiedenen Weine wurden von der Pflanzung des Weingartens bis zum Transport zum Weinkeller zwischen 0,12 und 0,35 kg CO₂-Äquivalente pro 0,75 l Wein emittiert. Den größten Anteil an diesen Emissionen hatten die Herstellung von Düngemitteln und Pestiziden, N₂O-Emissionen bei der Düngemittelausbringung und der Dieserverbrauch. Die Sensitivitätsanalyse ergab, dass unter anderem der Traubenertrag einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Ökobilanz hatte (Bosco et al. 2011, S.98f.).

2.1.3 Ökobilanz und Energy Evaluation zweier Weingüter in der Toskana, Italien

Eine weitere Untersuchung zum Weinbau in Italien stellt die Studie von Pizzigallo et al. (2008) dar. Die Autoren evaluierten zwei unterschiedliche Produktionssysteme der Weinherstellung. Einer der zwei Weinbaubetriebe wird biologisch bewirtschaftet und umfasst eine Anbaufläche von 10 ha mit einem jährlichen Ertrag von 5 t Trauben/ha. Auf dem anderen, halbindustrialisierten Betrieb werden auf einer Fläche von 120 ha konventionell und hochtechnisiert Trauben angebaut und ein Ertrag von 6,25 t Trauben/ha erzielt. Beide Betriebe befinden sich in der Provinz Siena in der Toskana, Italien.

Da die Methode der Ökobilanzierung ökosystemare Leistungen und Produkte nicht berücksichtigt, kombinierten Pizzigallo et al. (2008) diese Methode mit jener der Energy-Evaluation-Methode. Im Rahmen der Energy Evaluation werden alle ökologischen und ökonomischen Produkte und Leistungen in Äquivalenten der solaren Energie (*solar emergy*) beurteilt (Pizzigallo et al. 2008, S.397f).

Als funktionelle Einheit wurde eine Tonne Wein gewählt.

Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, zeigen die Ergebnisse der Ökobilanz, dass das biologisch bewirtschaftete Weingut deutlich geringere Emissionen an NO_x, VOC, CO₂

und SO_x produziert als das konventionelle, jedoch höhere CO- und H₂O-Emissionen (Pizzigallo et al. 2008, S.400).

Tabelle 1: Gesamtemissionen der zwei Weinbaubetriebe in der Provinz Siena, Italien (Pizzigallo et al. 2008, S.400)

Emissionen	Konventioneller Betrieb		Bio-Betrieb	
	Emissionen pro Tonne Wein	Emissionen pro 0,75 l Wein	Emissionen pro Tonne Wein	Emissionen pro 0,75 l Wein
NO_x	8,52 kg	0,00639 kg	3,7 kg	0,002775 kg
VOC	2,63 kg	0,0019725 kg	1,49 kg	0,0011175 kg
CO₂	992 kg	0,744 kg	549 kg	0,41175 kg
SO_x	4,02 kg	0,003015 kg	2,45 kg	0,0018375 kg
H₂O	181 kg	0,13575 kg	690 kg	0,5175 kg
CO	2,28 kg	0,00171 kg	8,77 kg	0,0065775 kg

Im biologisch geführten Weingarten wirkt sich der Verzicht auf Tiefendüngung und die Verwendung von organischem Dünger und traditionellen Pestiziden wie Kupfersulfat und Schwefel positiv auf die Ökobilanz aus. Allerdings ist der Stromverbrauch im Bio-Betrieb höher, da die Gebäude und Installationen älter und somit auch weniger energieeffizient sind.

Das konventionell bewirtschaftete Weingut verbraucht sechsmal so viel Stahl pro Tonne Wein wie das biologisch bewirtschaftete. Der Treibstoffverbrauch in diesem Betrieb ist zwar zweieinhalbmal so hoch ist wie im Bio-Betrieb, jedoch sind die eingesetzten Maschinen wesentlich neuer und verbrauchsärmer (Pizzigallo et al. 2008, S.400).

Die Energy Evaluation ergab, dass der halbindustrialisierte Weinbaubetrieb mehr solare Energie für Düngemittel, Pestizide, Elektrizität und Chemikalien benötigte. Weiters hatte er eine höhere Bodenerosion zu verzeichnen, als der biologisch geführte Betrieb, und er verwendete weniger erneuerbare Ressourcen als der biologische. Die Ergebnisse deuten daher bei dem Biobetrieb auf einen höheren Grad an Nachhaltigkeit hin (Pizzigallo et al. 2008, S.402f.).

2.1.4 Umweltwirkungen von Wein aus Sardinien

Die Studie von Benedetto (2013, S.33) zielte darauf ab, die umweltrelevanten Emissionen und potenziellen Umweltwirkungen zu untersuchen, die bei der Herstellung einer 0,75 l Flasche *Vermentino di Sardegna*, einem typischen Weißwein, der in Sardinien hergestellt wird, entstehen. Dabei sollte auch ermittelt werden, welche Prozesse den größten Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Im Rahmen der Studie wurde das Weingut *Sella & Mosca* im Nordwesten von Sardinien untersucht. Es ist mit 600 ha Fläche eines der größten zusammenhängenden Weingüter in Italien und produziert im Jahr mehr als 55000 Hektoliter Wein aus eigenem Anbau. Die Lebensdauer des Weingartens wurde mit 30 Jahren bemessen.

In der Ökobilanzierung wurden sämtliche Produktionsschritte von der Pflanzung der Weinreben bis hin zum Abfüllen und Verpacken des Weins berücksichtigt. Der Transport zu den KundInnen wurde aber aufgrund von Datenmangel und der besonderen Vermarktungssituation dieses Weins von der Bilanzierung ausgenommen (Benedetto 2013, S.35).

Folgende Wirkungskategorien wurden untersucht: Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Verbrauch abiotischer Rohstoffe und Treibhauspotenzial (Benedetto 2013, S.36).

Den Ergebnissen zufolge haben Pflanzung und Produktion der Trauben mit 0,984 g PO₄-Äquivalenten je Weinflasche einen Anteil von 66 % am gesamten Eutrophierungspotenzial; dies wird hauptsächlich durch die Emissionen von Stickoxiden durch die Treibstoffverbrennung während der Pflanzung der Weinreben erklärt. Die Traubenproduktion ist des Weiteren für die Emissionen von 0,708 kg CO₂-Äquivalenten verantwortlich, was 43,11 % des gesamten Treibhauspotenzials entspricht. Ein Großteil dieser Emissionen ist hierbei auf die Treibstoffverbrennung, gefolgt von Betonherstellung, HDPE, und Glas für die landwirtschaftlichen Geräte zurückzuführen (Benedetto 2013, S.39 und S. 37).

2.1.5 POEMS: Fallstudie eines italienischen Weinproduzenten

In ihrer Fallstudie stellen die Autoren Ardente et al. (2006) eine neue Methode für das zwischenbetriebliche Umweltmanagement vor. Ein sogenanntes POEMS, ein produktorientiertes Umweltmanagementsystem, hat die Ziele, „hot spots“ entlang der

Produktionskette zu identifizieren, den Dialog zwischen Interessensvertretern zu unterstützen und effiziente Verbesserungsstrategien umzusetzen (Ardente et al. 2006, S.361). Zur Analyse wird eine vereinfachte Ökobilanz erstellt (Ardente et al. 2006, S.359).

Mittels eines POEMS wurde eine Fallstudie zu einem italienischen Unternehmen, das in Sizilien Wein erzeugt, erstellt. Von diesem Unternehmen werden 138 ha Weingärten selbst bewirtschaftet und die Erträge von weiteren 43 ha, die von Nachbarbetrieben stammen, verarbeitet.

Als funktionelle Einheit wurde eine 0,75 l Flasche Rotwein gewählt (Ardente et al. 2006, S.357).

Im Bereich der Traubenproduktion wurden sämtliche Pflegemaßnahmen bis hin zur Ernte berücksichtigt. Emissionen aus dem Einsatz von Düngemitteln im Weingarten wurden auf wissenschaftlicher Literatur basierend wie folgt abgeschätzt:

- 14,2 kg NH₃/ha
- 1,1 kg N₂O/ha
- 31,3 kg NO₃/ha
- 0,15 kg P/ha

Die Emissionen, die aus der Ausbringung von Pestiziden stammen, wurden nicht in die Ökobilanz miteinbezogen (Ardente et al. 2006, S.359).

Im Rahmen der Studie wurden folgende drei Indikatoren untersucht: Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Wasserverbrauch (Ardente et al. 2006, S.360). Bezüglich der CO₂-Emissionen kamen Ardente et al. (2006, S.361) zu dem Ergebnis, dass vor allem die indirekten Emissionen entscheidend sind. Von den insgesamt 1,6 kg CO₂-Emissionen pro Weinflasche stehen 9,3 % der Emissionen, also 0,1488 kg CO₂, mit dem Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen in Zusammenhang, und 8,2 % der Gesamtemissionen, was 0,1312 kg CO₂ entspricht, stammen aus dem Transport.

2.1.6 Ökobilanzierung der Produktion von *Crianza* in Spanien

Gazulla et al. (2010) erstellten eine Ökobilanz für die Produktion von *Crianza* in der Region La Rioja, Spanien. Das Prädikat „*Crianza*“ erhalten jene spanischen Weine,

die mindestens zwei Jahre gereift sind, davon ein Jahr (Weiß- und Roséweine mindestens 6 Monate) in Eichenfässern.

Ziel der Studie war es einerseits, die „hot spots“ während des gesamten Produktlebenszyklus zu identifizieren, und andererseits, die Ergebnisse mit anderen Resultaten aus der Literatur zu vergleichen.

Als funktionelle Einheit wurde eine 0,75 l Flasche *Crianza* angenommen. Für die Phase der Traubenproduktion im Weingarten wurden sämtliche Pflegemaßnahmen wie Rebschnitt, Pflanzenschutz, Düngung und Ernte berücksichtigt. Von der Berechnung ausgenommen wurde die Pflanzung der Weinstöcke aufgrund der langen Lebensdauer des Weingartens von 30 bis 70 Jahren (Gazulla et al. 2010, S.331). Aufgrund fehlender Daten und/oder, weil die Beiträge vernachlässigbar waren, wurden die Produktion von Herbiziden und Pestiziden, die Emissionen durch die Ausbringung von Herbiziden und Pestiziden und die Produktion von organischem Dünger nicht berücksichtigt (Gazulla et al. 2010, S.333.).

Die untersuchten Wirkungskategorien waren das Treibhauspotenzial (GWP), das Versauerungspotenzial, das Eutrophierungspotenzial und das photochemische Ozonbildungspotenzial (Gazulla et al. 2010, S.334).

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Produktion einer 0,75 l Flasche *Crianza* insgesamt 0,503 kg CO₂-Äquivalente bei der Traubenproduktion emittiert werden; das stellt etwa der Hälfte des Gesamtwertes dar. Grund für den hohen Anteil des Weinbaus am Treibhauspotenzial ist hauptsächlich die Freisetzung von N₂O während der Düngung der Weinstöcke.

Zum Versauerungspotenzial trägt der Weinbau vor allem durch die Düngemittelverwendung bei, die mit 2,1 g SO₂-Äquivalenten 30 % des Ergebnisses ausmacht. Für die potentielle Eutrophierung ist die Phase der Traubenproduktion sogar zu 98 % verantwortlich, was sich durch die Verwendung von Düngemitteln ergibt (Gazulla et al. 2010, S.337).

2.1.7 Kombination von Ökobilanzierung und Data Envelopment Analysis der Traubenproduktion zur Herstellung von *Rias Baixas* in Spanien

Vazquez-Rowe et al. (2012, S. 93) untersuchten 40 Weingüter in der Region Salnes in Galicien im Nordwesten Spaniens, die den Wein *Rias Baixas* herstellen, um herauszufinden, wie effizient die Trauben produziert werden und welche wirtschaftlichen Vorteile eine effiziente Wirtschaftsweise bringt. Darüber hinaus sollte

die Hypothese bewiesen werden, dass eine Reduktion des Inputverbrauchs potenzielle Umweltauswirkungen verringert. Im Rahmen der Studie wurde die Ökobilanzmethode mit einer Data Envelopment Analysis verknüpft (Vazquez-Rowe et al. 2012, S. 93).

Die funktionelle Einheit ist 1,1 kg geerntete Trauben; das entspricht der Menge, die für die Produktion von 0,75 l *Rias Baixas* nötig ist. Die Größe der untersuchten Betriebe schwankt zwischen 0,1 und 7,5 ha; die Gesamterträge je Betrieb reichen von 1200 kg Trauben bis 90000 kg innerhalb eines Jahres (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.94f).

Die Wirkungskategorien Versauerung, Eutrophierung, Klimawandel (100-jähriger Zeithorizont), Bildung photochemischer Oxidantien, sowie Konkurrenz um Land und Ökotoxizität waren Bestandteil der Ökobilanz (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.95). Das Treibhauspotenzial liegt durchschnittlich bei 0,4627 kg CO₂-eq mit einer Standardabweichung von +/- 0,1995 kg CO₂-eq pro 1,1 kg Trauben und das Eutrophierungspotenzial bei 1,48 g PO₄-eq mit einer Standardabweichung von 1,28 g (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.99).

Die Ergebnisse schwanken zwischen den einzelnen 40 Betrieben sehr stark, wie in Abbildung 1 am Beispiel des Treibhauspotenzials dargestellt ist.

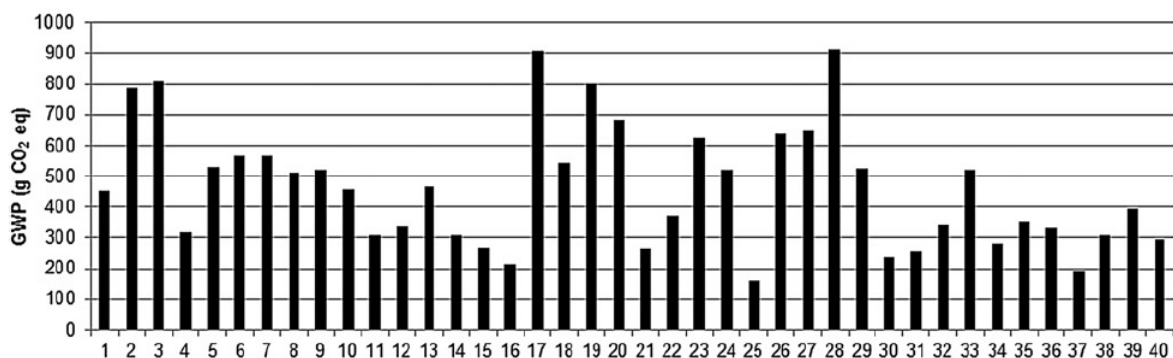


Abbildung 1: Treibhauspotenzial von 40 untersuchten Betriebe in Galicien (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.96)

Vazquez-Rowe et al. (2012, S.97f.) stellten fest, dass 60 % der Betriebe effizient arbeiten. Hinsichtlich des Dieserverbrauchs und des Einsatzes von Pestiziden arbeiten die Betriebe, die insgesamt die meisten Trauben produzieren, effizienter, als jene mit geringerer Gesamttraubenproduktion. Im Bereich des Düngemiteleinsatzes wurden keine Unterschiede in Zusammenhang mit der Produktionsmenge gefunden. Insgesamt zeigten die Weingärten mit hohen Gesamterträgen tendenziell die größte Effizienz.

Überraschenderweise zeigte der Betrieb, der am effizientesten arbeitete und über eine im Vergleich große Menge an Trauben produzierte, auch die größten Umweltauswirkungen (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.99). Die Ergebnisse schwanken jedoch zwischen den einzelnen Betrieben sehr stark.

Die weniger effizient wirtschaftenden Betriebe zeigten geringere Umweltauswirkungen (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.101).

Die Ergebnisse der Studie ergaben weiters, dass eine Steigerung der Effizienz in der Bewirtschaftung den bisher eher ineffizient wirtschaftenden Betrieben ökonomische Vorteile von etwa 10 % bringen könnte (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.101).

2.1.8 Ökobilanzierung der Wertschöpfungskette des Weißweins *Vinho Verde* aus Portugal

Die Studie von Neto et al. (2012, s.p.) untersuchte einen Weißwein aus dem Norden Portugals. Die funktionelle Einheit in dieser Studie ist eine 0,75 l-Flasche des Weißweins *Vinho Verde*. Die Daten stammen von der Firma *Aveleda S.A.*, dem größten Produzenten von *Vinho Verde*.

Obwohl in der Ökobilanzstudie die Traubenproduktion im Weingarten, die Weinherstellung, die Flaschenproduktion und die Verteilung an Zwischenhändler Teil des untersuchten Systems waren, wurden die Produktion, die Instandhaltung und die Entsorgung von Produktionsmitteln in der Berechnung nicht berücksichtigt, ebensowenig die Anfahrt der KundInnen zur Abholung des Weines.

Die Autoren der Studie kamen zu dem Ergebnis, dass entlang des gesamten Produktionsprozesses die Phase der Traubenproduktion im Weingarten den größten Beitrag an potenziellen Umweltwirkungen liefert.

Die Ergebnisse für den Teilbereich der landwirtschaftlichen Produktion im Weingarten zeigen ein Eutrophierungspotenzial von 7,3 g PO₄-Äquivalenten pro Flasche. Diese stammen von den NO₃-Emissionen, die bei der Ausbringung der Düngemittel entstehen. Für die terrestrische Ökotoxizität von 0,68 g 1,4-DCB-eq pro Flasche sind vor allem die Emissionen von Glyphosaten, die in Pflanzenschutzmitteln enthalten sind, und die Emissionen von Vanadium, das während der Produktion von mineralischen Düngemitteln auftritt, verantwortlich. Probleme hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP für 100 Jahre), das allein bei der Traubenproduktion 2 kg CO₂-Äquivalente beträgt, ergeben sich aus den Emissionen von CO₂, das bei der

Dieselvebrennung und während der Ausbringung von harnstoffhäftigem Dünger entsteht, sowie aus den N₂O-Emissionen, die aus der Herstellung und Ausbringung von Düngemitteln stammt. Das Humantoxizitätspotenzial von 0,2 kg 1,4-Dichlorbenzoläquivalenten ergibt sich aus den Emissionen von Schwermetallen in die Luft, die aus der Produktion von Düngemitteln, Strom und Diesel resultieren, Benzol, welches bei der Pflanzenschutzmittelproduktion entsteht, und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), die bei der Produktion von Düngemitteln und Strom in die Luft emittiert werden und bei der Dieselherstellung ins Wasser gelangen.

Die Sensitivitätsanalyse ergab, dass vor allem eine Änderung der Menge an Stickstoffverbindungen wie NH₃, N₂O, NO_x und NO₃, die bei der Düngemittelverwendung eine Rolle spielen, großen Einfluss auf die Resultate bezüglich Erderwärmung und Eutrophierung haben.

2.1.9 Umweltauswirkungen der Weinproduktion in Neuschottland, Kanada

Die Studie von Point et al. (2012, S.12ff.) hat zum Ziel, die Emissionen, die im Laufe des gesamten Lebensweges einer 0,75 l Flasche Wein aus Neuschottland entstehen, zu quantifizieren. Darüber hinaus wurde untersucht, wie sich die Umweltauswirkungen ändern, wenn verschiedene Modifikationen im Lebenszyklus einer Flasche Wein vorgenommen werden und welchen Beitrag die einzelnen Produktionsschritte am Gesamtergebnis haben.

Um festzustellen, wie weit eine biologische Bewirtschaftung die Umweltauswirkungen verringern könnte, wurde ein fiktives Szenario erstellt, bei dem die im konventionellen Weinbau eingesetzten Inputs wie z.B. mineralische Dünger und Pestizide durch für den Ökolandbau zugelassene Betriebsmittel wie Rindermist, Kupfersulfat und Schwefel ersetzt wurden. Außerdem ging man für dieses Szenario davon aus, dass der Ertrag um 20 % geringer ist als bei konventioneller Bewirtschaftung.

Alle untersuchten Weinbaubetriebe befinden sich in Neuschottland, Kanada, und verfügen über eine durchschnittliche Betriebsgröße von 14,07 ha. Sie erreichten im Jahr der Datenerfassung einen Ernteertrag von 6,37 t/ha. Im Rahmen der Studie wurden alle Prozesse von der Traubenproduktion über Wein- und Glasflaschenherstellung, Transportwege und Kühlung bis hin zum Recycling der Flaschen betrachtet. Biogene Kohlenstoffsenken und Kohlenstoffemissionen wie z.B. die Kohlenstoffsequestration durch Weinbeeren oder die CO₂-Abgabe bei der

Traubengärung wurden von der Berechnung ausgenommen. Auch Emissionen von Pestiziden, die bei der Ausbringung im Weingarten auftreten, wurden aufgrund unzureichender Daten bezüglich der klimatischen Verhältnisse zum Zeitpunkt der Ausbringung nicht berücksichtigt (Point et al. 2012, S.12ff.).

Zahlreiche Wirkungskategorien, unter anderem das Eutrophierungspotenzial, das Treibhauspotenzial und das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial wurden untersucht.

Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die Phase der Traubenproduktion mit 0,803 kg emittierten CO₂-Äquivalenten für 24,94 % des gesamten Treibhauspotenzials, das bei der Herstellung von 0,75 l Wein aus Neuschottland entsteht, verantwortlich ist. Die größten Umweltwirkungen entstehen dabei durch das Nährstoffmanagement und den Dieserverbrauch, wobei auf die Herstellung und Ausbringung von Stickstoffdünger der größte Anteil fällt. Das Eutrophierungspotenzial aus der Traubenproduktion beläuft sich auf 5,41 g PO₄-Äquivalente, die 77,07 % des Gesamtergebnisses ausmachen und vor allem aus der Unterstüzungsvorrichtung, also den Stehern und Drähten im Weingarten, stammen. Am Potenzial der terrestrischen Ökotoxizität hat der Bereich der Traubenproduktion einen Anteil an 57,74 % des Gesamtwertes, es wurden Emissionen von 3,17 g 1,4-Dichlorbenzoläquivalente errechnet, die aus der Produktion der Steher und der Holzschutzmittel auf den Holzpfehlen stammen (Point et al. 2012, S.16).

Die Berechnung für das Szenario der biologischen Bewirtschaftung kommt zu dem Ergebnis, dass diese Bewirtschaftung nur marginale Verbesserungen in der Bilanz bringen würde, was vor allem an dem Verzicht von chemischen Holzschutzmitteln liegen würde. Der Einsatz von organischem Dünger würde nicht automatisch zu einer Reduktion der Emissionen führen, sondern zeigt bei manchen Wirkungskategorien, wie etwa dem Treibhaus- und Eutrophierungspotenzial, sogar einen Anstieg der Umweltwirkungen (Point et al. 2012, S.16f).

2.2 Zusammenfassende Betrachtung der Literatur und Ableitung des Forschungsbedarfs

Die umfangreiche Literatur zu den Umweltwirkungen der Weinproduktion lässt auf großes Interesse an der Thematik der umweltverträglichen Produktion im Weinbau schließen. Die Studien stammen aus unterschiedlichen Teilen der Welt mit

verschiedensten klimatischen Verhältnissen. Die im Rahmen dieser Arbeiten untersuchten Betriebe schwanken stark in ihrer Größe, die von 0,1 ha (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.94f) bis hin zu 600 ha (Benedetto 2013, S.35) reichen. Die Weingärten weisen unterschiedliche Produktionssysteme auf und werden konventionell, integriert oder biologisch bewirtschaftet.

Die meisten der dargestellten Untersuchungen betrachten den gesamten Produktlebenszyklus der Weinherstellung und der Vermarktung, angefangen vom Weingarten über den Weinkeller und die Verpackung bis hin zum Vertrieb. Bei allen neun Studien (vgl. Kapitel 2.1.1 bis Kapitel 2.1.9) wurden jedoch die Emissionen, die bei der Ausbringung von Pestiziden auftreten, nicht untersucht. In zwei Studien wurde auch die Pestizidherstellung nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse beziehen sich bei den meisten Untersuchungen auf eine 0,75 l Flasche Wein, in der Studie von Pizzigallo et al. (2008) jedoch auf eine Tonne Wein und in der Studie von Soja et al. (2010) auf ein Kilogramm Trauben. Zwar behandelten nicht alle Studien mehrere Umweltkategorien im Rahmen einer Ökobilanz, aber alle befassten sich mit den Emissionen klimarelevanter Gase, den sogenannten Treibhausgasen. Hierbei zeigen die Ergebnisse eine große Schwankungsbreite. Sie reichen von 0,12 kg CO₂-eq (Bosco et al. 2011, S.98) bis 2 kg CO₂-eq (Neto et al. 2012, s.p.) pro 0,75 l Wein.

Fast alle Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Dieselerbrennung der Traktoren, die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln sowie mineralischem Dünger und die Lachgasemissionen bei der Ausbringung von Düngemitteln den größten Einfluss auf die potenziellen Umweltwirkungen in der Traubenproduktion im Weingarten haben.

Die Betriebe mit biologischer Bewirtschaftung erzielten, wenn überhaupt, nur marginal bessere Ergebnisse als die konventionell produzierenden (Pizzigallo et al. 2008, S. 400; Point et al. 2012, S.16f; Zehetner et al. 2010, S.37).

Trotz zahlreicher, soeben beschriebener Ökobilanzstudien zur Weinproduktion, ist es bemerkenswert, dass sich bis dato keine entsprechenden Untersuchungen zu den potenziellen Umweltauswirkungen der Tafeltraubenproduktion finden ließen, und das, obwohl Speisetrauben, wie bereits in der Einleitung dieser Arbeit erwähnt, eine der beliebtesten Obstsorten der Österreicherinnen und Österreicher sind, und die

heimischen Konsumenten laut APA (2013) und BMLFUW (2010) vermehrt Wert auf Regionalität und Umweltwirkungen beim Lebensmittelkauf achten.

Aufgrund der fehlenden Literatur soll hier – soweit in einer Masterarbeit möglich – mit einer LCA zur Tafeltraubenproduktion aus Ostösterreich ein Anfang gemacht werden. Die Umweltwirkungen, die bei der Produktion von Tafeltrauben entstehen, konnten im Rahmen dieser Masterarbeit nicht gemessen werden, es wurde jedoch versucht, diese mithilfe der Methode der Ökobilanzierung abzuschätzen. Diese Masterarbeit kann nur mit Fallstudien erste Hinweise geben. Eine flächendeckende Abschätzung für alle Tafeltraubenproduzenten ist nicht beabsichtigt.

3 Zielsetzung

Die Ziele dieser Masterarbeit sind:

- Abschätzung der potenziellen Umweltauswirkungen, die bei der Produktion von einem Kilogramm in Ostösterreich produzierten Tafeltrauben entstehen, sowohl für drei betrachtete biologisch bzw. naturnah bewirtschaftete Betriebe, als auch für einen hypothetischen Referenzbetrieb. Dabei wird der Lebensweg bis inklusive Transport zum Erstabnehmer betrachtet.
- Herausarbeiten möglicher Unterschiede zwischen den betrachteten Betrieben
- Identifikation von Verbesserungsmöglichkeiten für die untersuchten Betriebe

4 Material und Methode

4.1 Ökobilanz

Die Ökobilanz ist eine Methode, um potenzielle direkte und indirekte Umweltwirkungen eines Produktes während seines Lebensweges, also „von der Wiege bis zur Bahre“ abzuschätzen (ISO 2006a, S.4). Mögliche wirtschaftliche und soziale Auswirkungen werden in der Ökobilanz nicht berücksichtigt (ISO 2006a, S.6).

Die englische Bezeichnung für Ökobilanz, Life Cycle Assessment (LCA), verdeutlicht die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Produktes, der von der Herstellung bzw. Gewinnung der Rohstoffe und Produktionsmittel über diverse Produktionsschritte und Anwendung bis hin zur Entsorgung oder Verwertung des Produktes und der Produktionsmittel reicht (ISO 2006a, S.4).

Mithilfe der Ökobilanz können Systeme untersucht werden, die spezielle Funktionen erfüllen und somit einen Nutzen haben. Im Mittelpunkt solcher Systeme können ein Produkt, ein Prozess, eine Dienstleistung oder eine menschliche Tätigkeit stehen (Klöpffer & Grahl 2009, S.2f).

Die Entstehung der Ökobilanz reicht bis zum Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts zurück, als Produktvergleiche in Bezug auf ihre Umweltwirkungen aufkamen. Eine Studie über verschiedene Getränkeverpackungen, die 1969 vom Midwest Research Institute (MRI) für die Firma Coca Cola durchgeführt wurde, beinhaltete erstmals über die bis dahin gängige Energiebilanz hinaus auch eine Quantifizierung des Rohstoffbedarfs, der Emissionen und Abfallströme (Guinée et al. 2011, S.90). Den Entwicklungsbeginn der Ökobilanz in ihrer heutigen Form bilden laut Guinée et al. (2011, S.90) eine Folgestudie über Getränkeverpackungen des MRI für die U.S. Environmental Protection Agency (Hunt et al. 1974) im Jahr 1974 und eine ähnliche Untersuchung von Basler & Hofman (1974) in der Schweiz. 1984 wurde der Begriff „Ökobilanz“ in einem Bericht des schweizerischen Bundesamtes für Umweltschutz erstmals verwendet (Kanning 2001, S.163). Der Bericht basierte auf einer Studie der Eidgenössischen Material-Prüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Sankt Gallen (EMPA SG) über verschiedene Packstoffe und stellt eine der ersten umfassenden Ökobilanzstudien dar (Bundesamt für Umweltschutz 1984).

Seit 1994 beschäftigte sich auch die International Organization for Standardization (ISO) mit der Ökobilanz (Guinée et al. 2011, S.91). Heute gibt es diesbezüglich zwei geltende internationale Normen: Die ISO 14040 (2006a), in der Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanz beschrieben werden, und die ISO 14044 (2006b), die Anforderungen und Anleitungen enthält.

4.1.1 Die vier Phasen einer Ökobilanz

Die Ökobilanz besteht aus vier Phasen, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

Im ersten Schritt der Ökobilanzierung werden das Ziel und der Untersuchungsrahmen festgelegt. Danach wird die Sachbilanz erstellt und die Wirkungsabschätzung vorgenommen. Der letzte Schritt ist die Auswertung der Ergebnisse. Die Pfeile in der Abbildung weisen jedoch darauf hin, dass es sich bei den einzelnen Phasen um iterative Prozesse handelt. Es kann also zum Beispiel in der Phase der Auswertung durch neuen Erkenntnisgewinn nachträglich der Untersuchungsrahmen oder die Sachbilanz abgeändert werden.

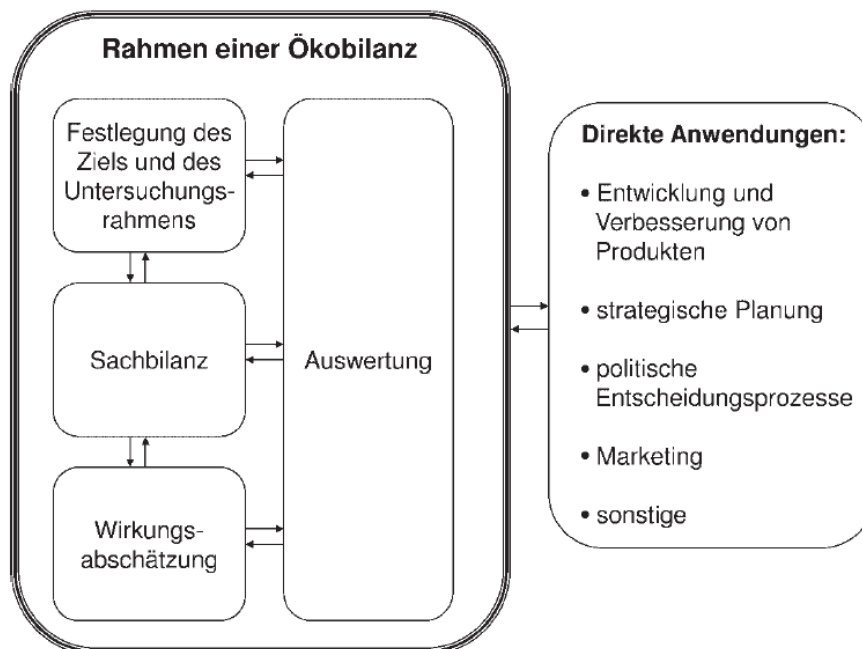


Abbildung 2: Phasen einer Ökobilanz (Klöpffer & Grahl 2009, S.12, nach ISO 14040 2006a)

Ziel und Untersuchungsrahmen

In der Zielformulierung wird festgehalten, wofür die Ökobilanz angewandt wird, warum sie durchgeführt wird, an welche Zielgruppe sie sich richtet und ob die

Ergebnisse für vergleichende Aussagen verwendet werden.

Im Untersuchungsrahmen werden zunächst das zu untersuchende Produktsystem mit seinen Funktionen und die funktionelle Einheit vorgestellt. Die Systemgrenzen werden definiert, und getroffene Annahmen und Einschränkungen werden dargestellt. Darüber hinaus enthält der Untersuchungsrahmen unter anderem die ausgewählten Wirkungskategorien sowie die Methode für die Wirkungsabschätzung und für die Auswertung (ISO 2006a, S.22f).

Ein **Produktsystem** in der Ökobilanzierung ist ein Modell eines physischen Systems (ISO 2006a, S.24). Es besteht aus mehreren Prozessen, die miteinander in Wechselbeziehung stehen. Zur kurzen, aber übersichtlichen Darstellung des Systems und seiner Grenzen eignet sich ein Flussdiagramm (Klöpffer & Grahl 2009, S.28f).

In der Realität existiert ein Produktsystem nicht isoliert, sondern ist ein Teil eines größeren, komplexen Systems, wie zum Beispiel der Umwelt (Klöpffer & Grahl 2009, S.30). Damit ein Modell untersuchbar gemacht werden kann, braucht es klare **Systemgrenzen**, die festlegen, welche Prozessmodule in das System einbezogen werden und welche nicht. Annahmen, auf denen die Entscheidungen für die Auswahl der Prozesse basieren, sind anzugeben (ISO 2006a, S.24). So kann zum Beispiel im Weinbau Wirtschaftsdünger eingesetzt werden. Es obliegt der/dem Ökobilanzierer/in, festzulegen und zu begründen, ob die Erzeugung des Wirtschaftsdüngers nun innerhalb oder außerhalb der Systemgrenze liegt.

Die **funktionelle Einheit** gibt an, auf welche Einheit sich die Ergebnisse der Ökobilanz beziehen. So kann die funktionelle Einheit in der Weinproduktion, wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben ist, zum Beispiel 1 kg Trauben oder 0,75 l Wein sein. Die funktionelle Einheit kann prinzipiell willkürlich gewählt werden (Klöpffer & Grahl 2009, S.38), sollte aber eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Ökobilanzen ermöglichen (ISO 2006a, S.22).

Im Untersuchungsrahmen muss auch die **Datenqualität** beschrieben werden, damit beurteilt werden kann, wie zuverlässig die Ergebnisse der Ökobilanz sind und inwieweit die Zuverlässigkeit der Resultate abgeschätzt werden kann (ISO 2006a, S.25).

Sachbilanz

In der Sachbilanz, dem Kernstück der Ökobilanz (Kanning 2011, S.170), werden die relevanten Input- und Outputflüsse des Produktsystems erfasst und quantifiziert, indem die notwendigen Daten erhoben und berechnet werden (ISO 2006a, S.25). In der Praxis bedeutet das, dass das bereits im Untersuchungsrahmen kurz dargestellte Produktsystem nun im Detail untersucht wird, also die In- und Outputströme für jedes einzelne Prozessmodul (jedes Kästchen in einem Flussdiagramm) ermittelt werden (Klöpffer & Grahl 2009, S.63).

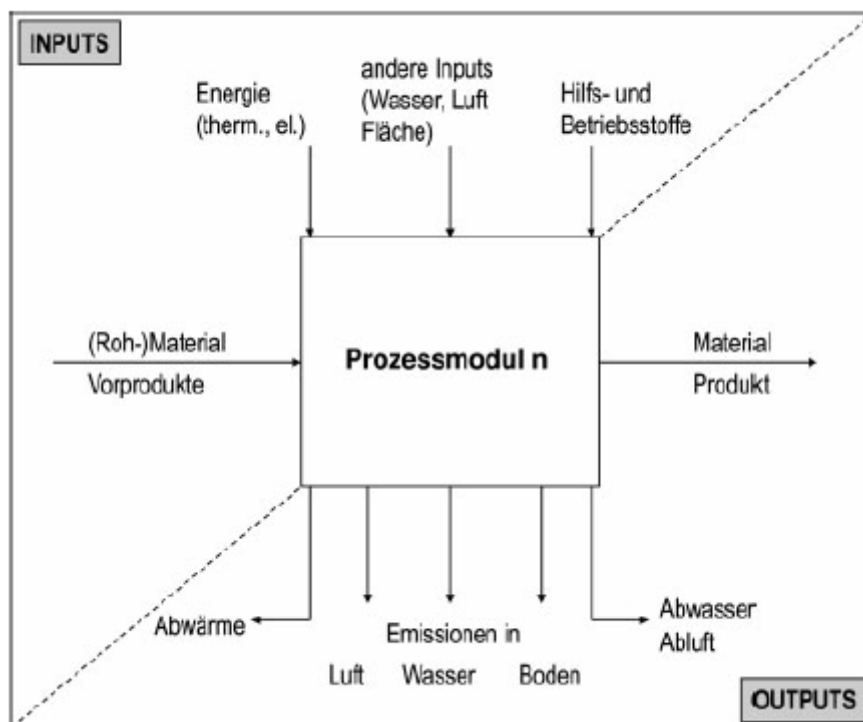


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls mit seinen Inputs und Outputs (Klöpffer & Grahl 2009, S.67)

Wie im Beispiel des in Abbildung 3 schematisch dargestellten Prozessmoduls müssen die erhobenen Daten unter anderem Energie-, Rohstoff-, Betriebsstoffinputs und andere physikalische Inputs sowie Produkte und Abfall, Emissionen in die Luft, in Wasser und in den Boden beinhalten (ISO 2006a, S.26). Sollten zu einem Prozess keine Daten vorliegen, sollten Abschätzungen gemacht werden, die zum Beispiel auf älteren Daten, auf Daten von ähnlichen Prozessen oder Informationen aus der Literatur basieren. Ein Weglassen eines Prozesses aufgrund unzureichender Datenlage führt immer zu einem „besseren“ Ergebnis, wodurch der negative Nebeneffekt erzielt wird, dass Hersteller, Betriebsleiter etc. für das Zurückhalten von Daten belohnt werden würden (Klöpffer & Grahl 2009, S.139).

Bei der Erstellung der Sachbilanz kann sehr oft ein iteratives Vorgehen notwendig sein, da bei der genaueren Untersuchung des Produktsystems neue Einschränkungen oder ein weiterer Datenbedarf erkannt werden könnten (ISO 2006a, S.25).

Wirkungsabschätzung

In dieser Phase werden die Sachbilanzdaten mit spezifischen Wirkungsindikatoren und Wirkungskategorien verknüpft. Das Ergebnis lässt potenzielle Umweltwirkungen erkennen und liefert Informationen für die Auswertungsphase der Ökobilanz (ISO 2006a, S.27).

Wie in Abbildung 4 dargestellt ist, enthält die Wirkungsabschätzung laut ISO(2006a, S.29) obligatorische und optionale Bestandteile.

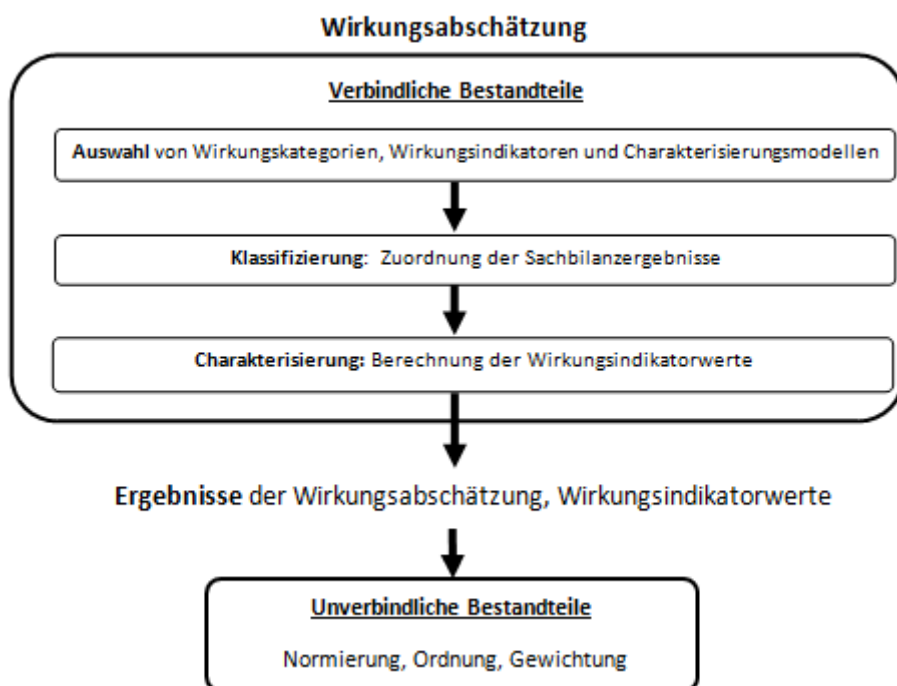


Abbildung 4: Bestandteile der Wirkungsabschätzungsphase (eigene Darstellung nach ISO 2006a, S.29)

Unbedingt erforderlich sind demnach die Auswahl von Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen, die Klassifizierung und die Charakterisierung. Normierung, Ordnung und Gewichtung müssen nicht durchgeführt werden (ISO 2006a, S.29).

Auswertung

Bei der Auswertung, der letzten Phase der Ökobilanz, wird der Blick noch einmal auf das Ziel und den Untersuchungsrahmen gelegt. In Hinblick darauf werden Schlussfolgerungen gezogen und wesentliche Ergebnisse hervorgehoben. Wenn es in der Zielsetzung vorgesehen ist, können an dieser Stelle auch Empfehlungen abgegeben werden (Klöpffer & Grahl 2009, S.355).

In der Auswertung sollte deutlich dargestellt werden, dass die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung nur **potenzielle Umweltwirkungen** angeben. Sie können keine tatsächlichen Grenzwertüberschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsspannen oder Gefahren prognostizieren. Es müssen daher auch die Einschränkungen der Ökobilanz-Ergebnisse erläutert werden (ISO 2006a, S.31).

4.1.2 Software

Zur Modellierung der Produktionssysteme wurde die open-source-software open LCA Version 1.4.1 (Greendelta GmbH 2014) verwendet.

Die Software enthält zahlreiche Funktionen, wie zum Beispiel:

- Import- und Exportmöglichkeiten von EcoSpold und ILCD-Datenformaten
- die graphische Modellierung von Produktsystemen
- die vollständige Modellierung einer Ökobilanz mit Ziel und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung
- Erzeugen von Systemprozessen aus Einheitsprozessmodellen
- Beitragsanalysen und Sankeydiagramm zur Veranschaulichung der Einflüsse von einzelnen Prozessen und Flüssen auf das Gesamtergebnis
- Parameter für Prozesse, Produktsysteme, Projekte und auf globaler Ebene
- Allokation und Systemerweiterung für Prozesse
- Unsicherheitsberechnungen

(GreenDelta GmbH 2009-2013)

Kernelement des openLCA-Modells sind die Prozesse. Sie können optional Prozessbeschreibungen, Erklärungen zur Modellierung sowie Validierung und administrative Informationen enthalten. Auf jeden Fall umfassen sie eine Menge von Flüssen als Inputs und Outputs. Die Flüsse können dabei Elementarflüsse (also z.B. CO₂ oder NO₃), Abfall oder Produktflüsse, also Produkte eines Prozesses (z.B. 1 ha gemulchte Fläche oder 1 kg Kleegrassaatgut), sein.

Flüsse, Kontakte und Quellenangaben sind eigenständige Modellierungsobjekte. Sie werden zentral verwaltet und können in beliebig vielen Prozessen verwendet werden. Prozesse können dann über ihre Produkte in einem Produktsystem graphisch miteinander verbunden werden. Wie Abbildung 5 veranschaulicht, umfasst dabei ein Prozess in der nächsthöheren Ebene alle In- und Outputflüsse der untergeordneten Prozesse.

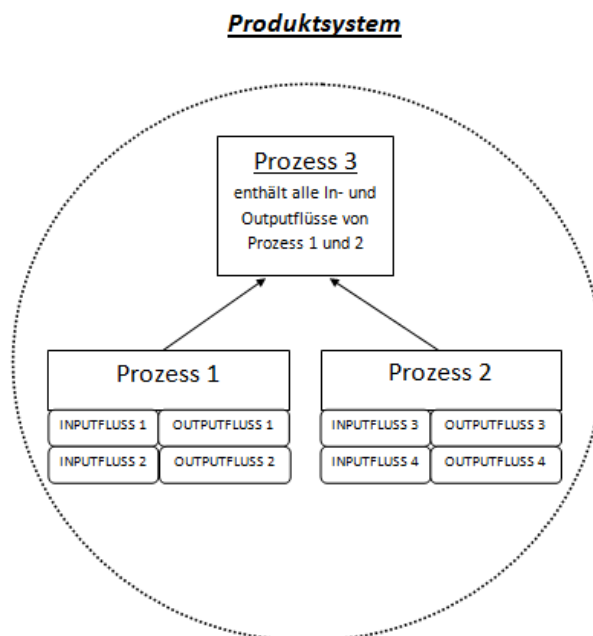


Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Produktsystems

Das Ergebnis der Berechnung des Produktsystems ist die Sachbilanz, also eine Auflistung aller akkumulierten Elementarflüsse, die in allen einbezogenen Prozessen als Inputs in das Produktsystem eingeflossen oder an die Umwelt als Outputs abgegeben wurden. Im nächsten Schritt werden diese Ergebnisse dann von der Software mithilfe von Wirkungsabschätzungsmethoden, bei denen Elementarflüssen entsprechenden Charakterisierungsfaktoren zugeordnet sind, bewertet. So werden zum Beispiel unter anderem CO₂-, N₂O- und CH₄-Emissionen dem Treibhauspotenzial (Global Warming Potential) zugeordnet. OpenLCA bietet auch die Funktion des Projektes, das einen Vergleich mehrerer Produktsysteme ermöglicht (Srocka 2009, S.11).

4.1.3 Datenerhebung und -qualität

Für die Ökobilanz wurden sowohl Primärdaten als auch, wo diese nicht verfügbar waren, oder eine Erhebung aus organisatorischen Gründen nicht möglich war, Sekundärdaten verwendet.

Insgesamt wurden vier Betriebe modelliert, ein hypothetischer Referenzbetrieb R und drei reale Betriebe (A, B, C). Zuerst wurde basierend auf Sekundärdaten ein theoretisches Modell eines konventionellen tafeltraubenproduzierenden Betriebes erstellt (vgl. Kapitel 4.2 und Anhänge B, C, D, E). Nach einer ersten Abschätzung, welche Inputfaktoren einen großen und welche Inputfaktoren einen weniger großen Einfluss auf das Ergebnis der Ökobilanz aufweisen, wurde auf die gewonnenen Erkenntnisse aufbauend ein Datenerfassungsblatt erstellt, welches von drei Betriebsleitern am Computer ausgefüllt und per E-Mail zurückgeschickt wurde. In anschließenden Telefonaten bzw. Betriebsbesuchen wurden etwaige Unklarheiten beseitigt. Die Modellierung der drei praktischen Betriebe basiert auf den erhobenen Daten, die mit jenen aus dem theoretischen Modell ergänzt wurden.

Zur Erstellung des theoretischen Modells wurden die meisten Richtwerte für Materialverbrauch und Arbeitsstunden- bzw. Maschinenstundenbedarf in der Neu- und Ertragsanlage dem Nachschlagewerk des Österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) (Hauer et al. 2012, S. 9fff) entnommen. Viele Richtwerte stammen aber auch aus den Angaben von Richter (2010, S. 135fff). Informationen zu Größe und Gewicht unterschiedlicher im Weingarten eingesetzter Materialien, wie etwa die von Stehern, von Hagelschutznetzen oder von verschiedenen Verpackungsmaterialien für Tafeltrauben, wurden auf Internetseiten diverser Hersteller recherchiert.

Daten zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln basieren neben den Erhebungen mittels Datenerfassungsblättern auf einem Gespräch mit Prof. Dr. Helmut Redl (2013), aus dem auch Informationen bezüglich der Lagerung von Tafeltrauben in Österreich aufbauen. Emissionen, die durch Verwendung von Pflanzenschutzmitteln entstehen, wurden nach Audsley et al. (2003, S.53) errechnet.

Die Datengrundlagen zur Erhebung des Düngemittelbedarfs im theoretischen Modell entstammen vor allem der Literatur zur Rebendüngung von Ziegler (2011) und den Richtlinien des BMLFUW (2003).

Mögliche Phosphatausträge wurden mithilfe des SALCA-Modells von Prasuhn (2006) berechnet.

Die Ermittlung der Outputs von Gründüngern im Weingarten, vor allem die der beiden Faktoren Nitratauswaschung und Lachgasemissionen, erwies sich aufgrund des großen Datenmangels in der Literatur, geschweige denn in der Praxis, als Herausforderung. Lachgas, wie bereits in Kapitel 4.1.4 erwähnt, besitzt ein hohes Treibhauspotenzial und ist somit ein klimarelevantes Gas. Daher wurde für diese Masterarbeit vorgezogen, eine mit großen Unsicherheiten behaftete Modellierung der Lachgasemissionen vorzunehmen, anstatt diese wegen des Datenmangels komplett wegzulassen. Die Abschätzung der Lachgasemissionen aus der Gründüngung basiert auf der Berechnungsmethode des IPCC (De Klein et al. 2006). Den Ausgangswert dieser Methode bildet der düngungswirksame Stickstoff in der Gründüngung, dessen Quantifizierung leider nur anhand verschiedener Literaturquellen abgeschätzt werden konnte.

In der Formel zur Berechnung der Lachgasemissionen werden auch die indirekten Lachgasemissionen als Folge von Nitratauswaschungen berücksichtigt. Zur Berechnung der Nitratauswaschung im Weingarten wurde das SALCA-Modell nach Richner et al. (2006) herangezogen und nach Hörtenhuber (2014) für den Weinbau abgewandelt.

Für die Sekundärdaten in der Sachbilanz wurde die **ecoinvent**-Datenbank verwendet.

Obwohl mittlerweile die Version 3.0 auf dem Markt ist, wurde für diese Masterarbeit mit der Version 2.2 gearbeitet, da die Version 3.0 zum Zeitpunkt der Erstellung der Sachbilanz noch nicht verfügbar war.

Die ecoinvent-Datenbank 2.2 verfügt über mehr als 4000 Prozesse, unter anderem zu den Bereichen Energie, Rohstoffe, Baustoffe, Chemikalien, Metalle, Landwirtschaft, Abfallbehandlung und Transport (ecoinvent Association 1998 – 2015b).

Die Datensätze stehen sowohl als Einheitsprozess-Rohdaten, als auch als kumulierte Sachbilanzergebnisse zur Verfügung. Die Einheitsprozess-Rohdaten sind mit log-normal Wahrscheinlichkeitsverteilungen versehen und zeigen alle Vorketten, die in den Prozess eingeflossen sind. Die kumulierten Sachbilanzergebnisse

enthalten keine Unsicherheitsabschätzungen und lassen auch nicht mehr auf die Vorketten schließen (Frischknecht et al. 2005).

4.1.4 Untersuchte Wirkungskategorien

4.1.4.1 Auswahl der Wirkungskategorien

In dieser Arbeit wurde die Bewertungsmethode ReCiPe 2008 verwendet. Der Name ergibt sich aus den Initialen jener Institute, die an der Erarbeitung dieser Methode mitgewirkt haben. Diese sind das RIVM (National Institute for Public Health and the Environment, Niederlande), die Radboud University (Niederlande), das CML (Centrum voor Milieukunde, Universität Leiden, Niederlande) und der Firma *PRé* (Heijungs et al. 2013, S.2)

Auf der Midpoint-Ebene können mithilfe von ReCiPe 2008 achtzehn verschiedene Wirkungskategorien untersucht werden. Eine derart umfassende Wirkungsabschätzung würde den Rahmen dieser Arbeit allerdings sprengen. Deshalb musste die Auswahl begrenzt werden.

Diese Vorgehensweise wird unter anderem auch von Mouron et al. (2005, S. 321) empfohlen: Mithilfe einer Principal Component Analyse (PCA) wird die Komplexität der Wirkungskategorien reduziert, indem sie Wirkungskategorien, die sich ähnlich verhalten, zusammenfasst. Nach Nemecek (2013, S.46) können bei Ökobilanzierungen im landwirtschaftlichen Bereich manche Midpoint-Wirkungsindikatoren in Gruppen zusammengefasst werden. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, zeigen Energieverbrauch, Treibhauspotenzial und Ozonbildung ähnliche Tendenzen; auch die beiden Indikatoren terrestrische Ökotoxizität und Humantoxizität verhalten sich ähnlich. Eutrophierung und Versauerung bilden die dritte Gruppierung.

Nemecek hat diese Gruppierung durch Untersuchung von Milch- und Obstproduktion gefunden. In dieser Arbeit wurde sie mangels Verfügbarkeit anderer Ergebnisse von Nemecek übernommen.

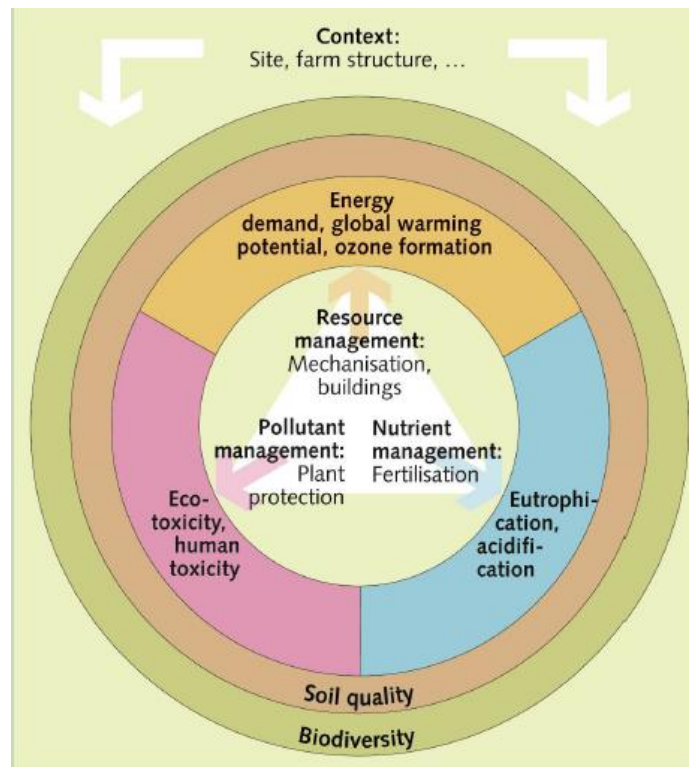


Abbildung 6: The Management Triangle (Nemecek 2013, S.46)

Angelehnt an diese Erkenntnisse wurden im Rahmen dieser Masterarbeit daher nur die folgenden vier Wirkungskategorien untersucht:

- Klimawandel (Climate Change)
- Eutrophierung von Süßwasserkompartimenten (Freshwater eutrophication)
- Terrestrische Ökotoxizität (Terrestrial ecotoxicity)
- Humantoxizität (Human toxicity)

4.1.4.2 Klimawandel (GWP 100)

Die natürliche Erwärmung unseres Klimas durch Kohlendioxid und Wasserdampf in der Troposphäre trägt zu einer Durchschnittstemperatur von +15 C° bei und ermöglicht das Existieren höherer Lebewesen auf unserem Planeten (Klöpffer & Grahl 2009, S.253). Durch menschliches Zutun jedoch steigen auch die Konzentrationen verschiedener Treibhausgase in der Troposphäre, wie zum Beispiel jene von CO₂, Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Wasserdampf, Ozon (troposphärisches O₃), Fluorkohlenwasserstoffen (HFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Dies führt zum anthropogenen Treibhauseffekt (Klöpffer & Grahl 2009, S.253, S.256), also zu einem durch den Menschen verursachtes Ansteigen der Oberflächentemperatur der Erde

seit dem späten neunzehnten Jahrhundert. Seit Beginn der Aufzeichnungen war jedes der untersuchten Jahrzehnte wärmer als die jeweiligen Jahrzehnte davor, und die letzte Dekade war mit hoher Wahrscheinlichkeit die wärmste seit 800 Jahren (Stocker et al. 2013, S.37).

Um die Wirkungskategorie Klimawandel zu quantifizieren, eignet sich die Berechnung des Treibhauspotenzials, auch **Global Warming Potential (GWP)** genannt (Klöpffer & Grahl 2009, S.252), welches in CO₂-Äquivalenten angegeben wird. Als Zeithorizont wurde für diese Arbeit 100 Jahre angenommen, wie es in der Ökobilanzierung laut (De Schryver & Goedkoop in Goedkoop et al. 2013, S.22) üblich ist.

4.1.4.3 Eutrophierung von Süßwasserkompartimenten (Freshwater Eutrophication – FEP)

Unter Eutrophierung versteht man laut Struijs et al. (2013, S.58) die Nährstoffanreicherung in Gewässern. Die Charakterisierung aquatischer Eutrophierung beschränkt sich auf die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff, die für das Wachstum von Phytoplankton (Algen) und Wasserlinsen limitierende Faktoren darstellen. Auch wenn noch zahlreiche andere Nährstoffe in einem Gewässer vorhanden sind, so wird das Algenwachstum meistens durch das Angebot von Stickstoff oder Phosphor begrenzt. Gibt es diese beiden Elemente im Überfluss, führt das zu einem verstärkten Algenwachstum mit unter Umständen schweren ökologischen Folgen für das Gewässer. In den meisten Binnengewässern ist Phosphor der limitierende Faktor, daher wird das FEP in P-Äquivalenten angegeben.

4.1.4.4 Toxizität

In den Wirkungskategorien **Humantoxizität** und **terrestrische Ökotoxizität** wird erfasst, wie lange chemische Substanzen in der Umwelt verbleiben, wieweit sie sich in der menschlichen Nahrungskette anreichern und wie toxisch sie wirken (Huijbregts et al. 2013, S.67). Die Referenzsubstanz für das Humantoxizitätspotenzial und für das Potenzial der terrestrischen Ökotoxizität ist 1,4-Dichlorbenzol (Huijbregts et al. 2013, S.72). Das Quantifizieren der potenziellen Toxizität ist im Vergleich zu anderen Wirkungskategorien komplexer, da toxische Moleküle kein gemeinsames Merkmal

haben, anhand dessen sie verglichen werden können. Klöpffer & Grahl (2009, S.289f) sehen bei den toxizitätsbezogenen Kategorien noch Verbesserungsbedarf, was aber höhere Qualitätsansprüche an die Sachbilanzen stellt.

4.2 Modellaufbau Tafeltrauben

Im Fall dieser Masterarbeit ist das Ziel, wie bereits in Kapitel 3 angeführt, die Abschätzung der Umweltauswirkungen, die bei der Produktion von einem Kilogramm Tafeltrauben bis zum Erstabnehmer entstehen.

Als funktionelle Einheit wurde für diese Arbeit 1 kg Tafeltrauben gewählt. Das bedeutet, dass sich sämtliche errechnete Umweltauswirkungen auf 1 kg Trauben (ohne Verpackungsgewicht) beziehen.

Im Folgenden wird der Aufbau des Produktsystems „Tafeltraubenanbau“ grundlegend beschrieben. Die kompletten Sachbilanzen für die einzelnen Betriebe, in denen alle berücksichtigten Inputfaktoren und deren Berechnung aufgelistet sind, befinden sich im Anhang (Anhänge B bis E).

Das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Produktsystem der Tafeltraubenproduktion besteht, wie in Abbildung 7 dargestellt, aus folgenden Hauptprozessen:

- Neu- und Junganlage: Pflanzjahr bis drittes Jahr
- Ertragsanlage: Ab dem vierten Jahr ist die Tafeltraubenanlage voll ertragsfähig (Richter 2010, S. 145).
- Lagerung
- Verpackung
- Transport zum Erstabnehmer

4.2.1 Systemgrenzen

Prinzipiell wurde für alle beim Tafeltraubenanbau benötigten Materialien, deren Herstellung und, so sie nicht recycelt werden, deren Entsorgung miteinbezogen. Die Entsorgung der landwirtschaftlichen Geräte wurde jedoch als vernachlässigbar eingestuft und daher nicht in die Berechnung miteinbezogen.

Außerhalb der Systemgrenzen befindet sich weiters die Herstellung des in einem der Betriebe verwendeten Rindermistes zur Vorratsdüngung, da Wirtschaftsdünger als Abfallprodukt eines anderen Produktionssystems angenommen wurde.

Die Herstellung und Paraffinierung der Pfropfreben wurde ebenfalls nicht berücksichtigt, da sie einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Ergebnisse zeigten.

Auch der Transport der Trauben vom Supermarkt zu den KundInnen wurde im Rahmen dieser Ökobilanz nicht erfasst, da Vertrieb und Konsum nicht im Zentrum dieser Arbeit stehen und der Transport unter der Annahme, dass KonsumentInnen bei einem Einkauf im Supermarkt zahlreiche andere Artikel kaufen, vernachlässigbar ist.

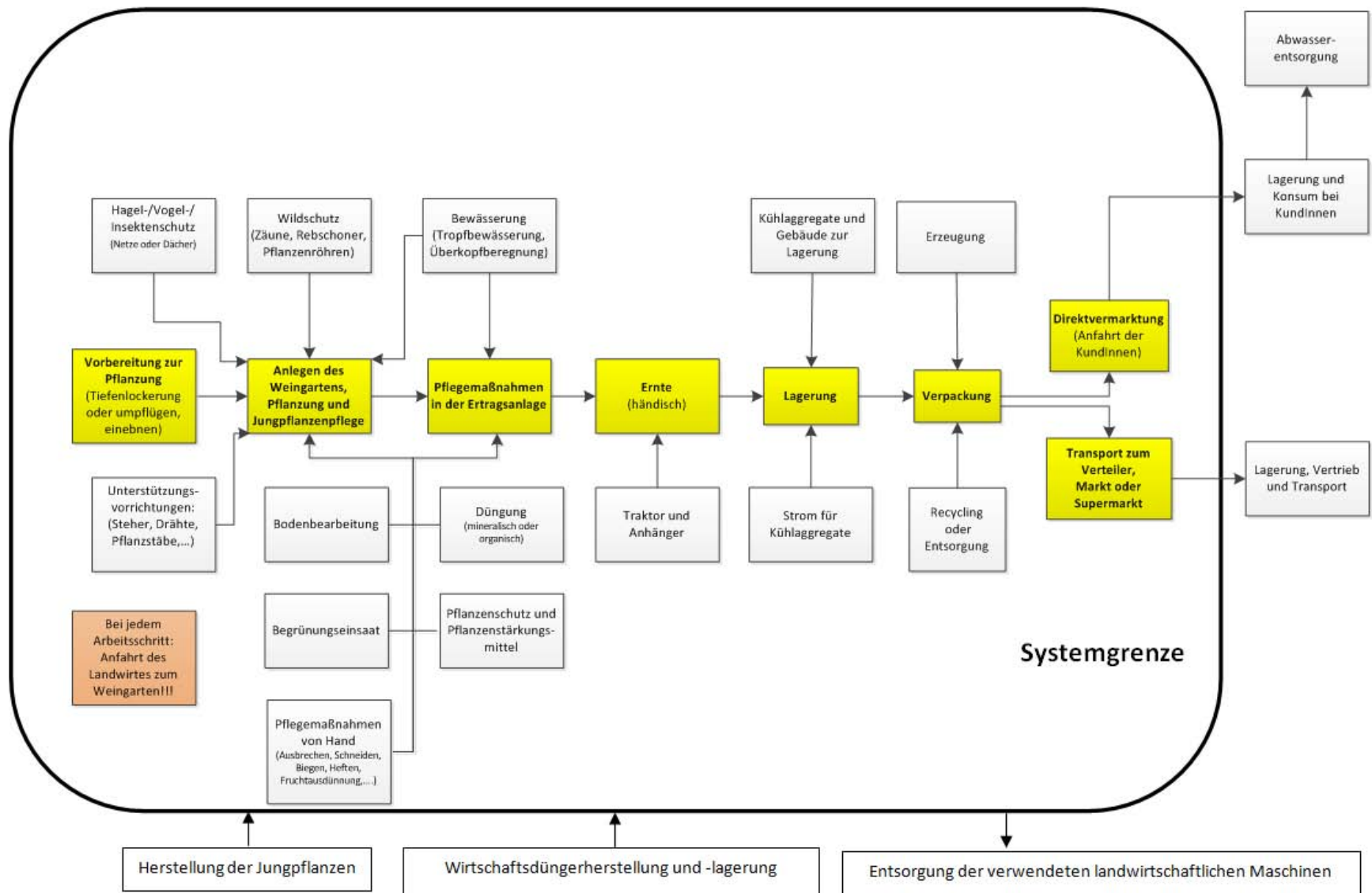


Abbildung 7: Vereinfachte Darstellung des Produktsystems Tafeltraubenproduktion

4.2.2 Neu- und Junganlage

Vorbereitung des Weingartens und Pflanzung

Vor der Neuanlage des Weingartens finden bereits vorbereitende Arbeiten statt. Sollte eine Bodenuntersuchung ergeben, dass nicht genügend Nährstoffe im Boden vorhanden sind, können die Nährstoffgehalte durch eine Vorratsdüngung vor der Pflanzung angehoben werden (Mehofer et al. 2014, S.59). Danach empfiehlt sich die Tiefenlockerung des Bodens bis maximal 60 cm Tiefe, um Verdichtungen aufzubrechen, den Boden besser zur durchlüften und unter anderem auch die Wasserhaltekapazität zu erhöhen (Redl et al. 1996, S.262f). Vor dem Pflanzen sollte der Boden flach gelockert und eventuell eingeebnet werden (Redl et al. 1996, S.268). Danach erfolgt das Auszeilen. Dabei wird die Anordnung der Weinreben bzw. der Rebreihen im Weingarten, also der Zeilen- und der Stockabstand, festgelegt. Durch das Aufstellen von Pflanzstäben wird markiert, wo später einmal die Weinreben gepflanzt werden sollen (Redl et al. 1996, S.272). Die Pflanzung kann entweder manuell mittels Spaten oder Wasserlanze oder maschinell mit einer Pflanzmaschine erfolgen (Bauer 2008, S.148).

Material für die Neuanlage

Zum Schutz der jungen Reben vor Wildverbiss kann bei hoher Wilddichte der gesamte Weingarten eingezäunt werden, oder bei normaler Wilddichte jede Pflanze einzeln mit einem Einzelschutzgitter umgeben werden. Alternativ dazu können auch Wildverbissmittel eingesetzt werden, die nicht unumstritten sind (Redl et al. 1996, S.291). Bei allen vier modellierten Betrieben wurde davon ausgegangen, dass Einzelschutzgitter aus Kunststoff zum Einsatz kommen.

Für die ertragreiche Kultivierung der Weinstöcke bedarf es auch einer Unterstützungsvorrichtung. Heutzutage (so auch in allen in dieser Arbeit modellierten Betrieben) werden meist Drahtrahmenunterstützungen verwendet (Redl et al.1996, S.316). Dabei tragen Steher (vorzugsweise aus Metall oder Holz) mit einer Länge von 2,70 m (Götz 2010, S.68), die im Abstand von etwa 5 m in der Reihe stehen, den Drahtrahmen. Die Endsteher am Ende jeder Zeile müssen gut in der Erde verankert werden (Bauer 2008, S.180).

Im Tafeltraubenanbau können erhebliche Ertragseinbußen durch Hagel und durch Vogel- oder Insektenfraß entstehen. Um dem vorzubeugen, können entsprechende

Hagel-, Insekten- und/oder Vogelschutznetze im Weingarten angebracht werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Reben zum Schutz vor Niederschlägen durch eine Überdachung zu schützen (Götz 2010, S.38f), allerdings wurde diese Maßnahme in keinem der untersuchten Betriebe durchgeführt.

KonsumentInnen von Tafeltrauben bevorzugen große Trauben und große Beeren. Diese Qualitätsmerkmale sind an die Wasserversorgung der Weinreben gebunden. Bereits kurzfristiger Wasserstress kann sich negativ auf die Qualität auswirken. Im internationalen Tafeltraubenanbau ist daher der Einsatz einer Zusatzbewässerung, vor allem der Tropfbewässerung, laut Ollig und Richter (Ollig 2010, S. 43f.) eine Standardmaßnahme. In den untersuchten Betrieben hatten nur zwei Betriebe (Betrieb C und der hypothetische Referenzbetrieb R) eine Tropfbewässerung, Betrieb A bewässert bei Bedarf mit einem mobilen Wassereimer, das von einem Traktor durch den Weingarten gezogen wird, und Betrieb B verfügt über kein Bewässerungssystem.

Pflegemaßnahmen und Pflanzenschutz

In der Junganlage, also in den ersten drei Lebensjahren der Tafeltraubenkultur, erfolgen zahlreiche Pflegemaßnahmen, wie etwa Rebschnitt und Laubarbeit.

Die Bodenpflege ist vor allem in der Junganlage wichtig, da die jungen Reben sehr empfindlich auf Lichtmangel und auf die Konkurrenz durch Unkräuter sind. Der Boden in der Fahrgasse sollte mechanisch bearbeitet werden. Es empfiehlt sich die Einsaat von konkurrenzschwachen, niedrigwachsenden Begrünpflanzen und später das Mulchen oder Mähen derselben (Redl et al.1996, S.293fff).

Auch diverse Pflanzenschutzmaßnahmen, zum Beispiel gegen Kräuselmilben, Spinnmilben, Falschen Mehltau und Echten Mehltau, sind unerlässlich (Redl et al. 1996, S.293fff). Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass für Tafeltrauben eigene Pflanzenschutzmittel zugelassen sind, die nur teilweise ident mit den für Keltertrauben zugelassenen Mitteln sind (Kast 2010, S118). Laut Redl (2013) ist es schwierig, einen theoretischen Spritzplan anzunehmen; es sollten jedoch durchschnittlich drei bis vier Spritzungen mit Pflanzenschutzmitteln und weiteren ein bis zwei Spritzungen mit Pflanzenstärkungsmitteln pro Jahr ausreichen. Falls es die Bedingungen erfordern, muss aber die Anzahl der Spritzungen erhöht werden. Folgende Pflanzenschutz- bzw. Pflanzenstärkungsmittel können beispielsweise zum

Einsatz kommen: Schwefel, Kupfer (wird vor allem im biologischen Tafeltraubenanbau angewandt), Phosphonsäure, Polyram, Metiram, Delan oder ein zugelassenes Carboxamid-Fungizid.

Viele der eben genannten Pflanzenschutzmittel sind nicht in der ecoinvent-Datenbank verfügbar, daher wurden für die Sachbilanz Datensätze, die ähnliche chemische Verbindungen enthalten, verwendet (vgl. Anhänge B-E).

Zur Auswaschung von Pflanzenschutzmitteln im Weingarten konnten keine Daten gefunden werden, deshalb wurde eine Abschätzung nach Audsley et al. (2003, S.53) vorgenommen, wonach 2 % der ausgebrachten Pestizide in die Luft, 88,4 % in den Boden und 1,6 % ins Grundwasser gelangen und 8 % in den Pflanzen verbleiben.

4.2.3 Ertragsanlage

Im Ertragsweingarten müssen über das Jahr verteilt einige Pflegemaßnahmen durchgeführt werden. Danach kann geerntet werden.

Rebschnitt und Stockpflegearbeiten

Während der Vegetationsruhe zwischen Dezember und März (aufgrund der Frostempfindlichkeit je später, desto besser) erfolgt der Rebschnitt (Redl et al.1996, S.349). Im März oder April werden Drähte im Weingarten ausgebessert, und das Fruchtholz, also das einjährige Holz, auf dem die Trauben wachsen, wird gebogen und am Draht fixiert (Redl et al.1996, S.354). Im Mai erfolgt dann das Ausbrechen (Entfernen) überzähliger junger Triebe zur besseren Belichtung und Stärkung des Einzeltriebes und das Entfernen der Wasserschosse am Stamm. Im Tafeltraubenanbau sollten pro Meter Laubwand maximal acht bis zehn Triebe verbleiben (Götz 2010, S.74ff). Im Juni und im Juli werden die Triebe gegebenenfalls noch einmal eingekürzt (Redl et al.1996, S.368). Ab der Blüte sollte die Traubenzone entblättert werden, um die Trauben vor unerwünschten Schattierungen zu schützen, wobei eine gewisse Schattierung zu erhalten ist, damit die Trauben vor Sonnenbrand geschützt sind (Götz 2010, S.76f). Obwohl die Grünarbeit bei Tafeltrauben sehr sortenspezifisch ist, sollten bei allen Sorten die Triebe frühzeitig auf zwei Trauben ausgedünnt werden, um die Traubenqualität zu verbessern und die Lebens- und Nutzungsdauer der Weinstöcke zu verlängern (Redl et al.1996, S.373 und S.575).

Bodenpflege

Bodenpflegemaßnahmen zielen darauf ab, Struktur und Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten und sollen die Bereitstellung von Wasser und Nährstoffen sichern. Sie müssen an die spezifischen Standort- und Betriebsverhältnisse sowie an die Rebsorten angepasst werden (Bauer 2008, S. 205). Bodenpflegemaßnahmen hängen auch stark von den Niederschlägen und vom Unkrautwachstum ab.

Seichte mechanische Bodenbearbeitung wird aus folgenden Gründen durchgeführt:

- Organische Substanzen im Boden können rascher mineralisieren.
- Der Gasaustausch im Boden wird gefördert.
- Der Wasserhaushalt wird geschont.
- Unkräuter können unterdrückt werden.

Je weniger Humus ein Boden besitzt, desto seltener sollte er jedoch bearbeitet werden, da jede Bodenlockerung zu einem weiteren Humusabbau beiträgt und damit die Erosionsgefahr durch Wind und Wasser steigt (Redl et al.1996, S.377f).

Der Unterstockbereich der Rebe wird mithilfe von Stockräumgeräten bearbeitet, um den Bewuchs im Unterzeilenbereich klein zu halten (Redl et al.1996, S.394).

Die Bodenpflege sollte sich laut Bauer (2008, S.206) am Wasserhaushalt des Standortes orientieren. Folgende Systeme zur Bodenpflege können vorgenommen bzw. kombiniert werden:

1. Der Boden kann **offen gehalten** werden, was aber aus Bodenschutzgründen nur kurzfristig der Fall sein sollte, oder er wird begrünt (Bauer 2008, S.206).
2. Bei **Dauerbegrünung** wird der Boden nicht umgebrochen, wodurch er vor Erosion geschützt ist. Dauerbegrünung vermindert einerseits die Nitratauswaschung in das Grundwasser, andererseits konkurriert sie mit der Weinrebe in der Hauptbedarfsphase um Nährstoffe und Wasser (Bauer 2008, S.217f).
3. Im Fall der **Teilzeitbegrünung** (auch als **Gründüngung** bezeichnet) wird der Boden kurzfristig (meistens im Sommer) offen gehalten und danach wieder begrünt. Optimalerweise ist so keine Konkurrenz zur Weinrebe vorhanden, die Stickstoffmineralisation wird durch das Umbrechen gefördert, und durch den Bewuchs im Winter ist das Auswaschungspotenzial für Nitrat verringert (Bauer 2008, S.207f).

In den von den Betriebsleitern ausgefüllten Datenerfassungsblättern spiegeln sich die vielfältigen Möglichkeiten der Bodenbearbeitung klar wider, da jeder der untersuchten Betriebe ein anderes System praktiziert.

Düngung

Eine normale Entwicklung der Rebe erfordert eine ausgewogene Versorgung mit Nährstoffen, allen voran Stickstoff (N), gefolgt von Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Schwefel (S). Darüber hinaus benötigt die Pflanze in kleinen Mengen auch diverse Spurenelemente wie Bor, Eisen, Zink, Mangan, Kupfer und Molybdän. Sowohl eine Über- als auch eine Unterversorgung kann sich nachteilig auf die Pflanze und auf die Umwelt auswirken (Bauer 2008, S.239).

Der annähernd geschlossene Nährstoffkreislauf im Weingarten (ohne Deposition und Emissionen in die Luft und unter Annahme eines stationären Nährstoffpools im Boden) ist in Abbildung 8 dargestellt.

Nährstoffkreislauf im Weingarten

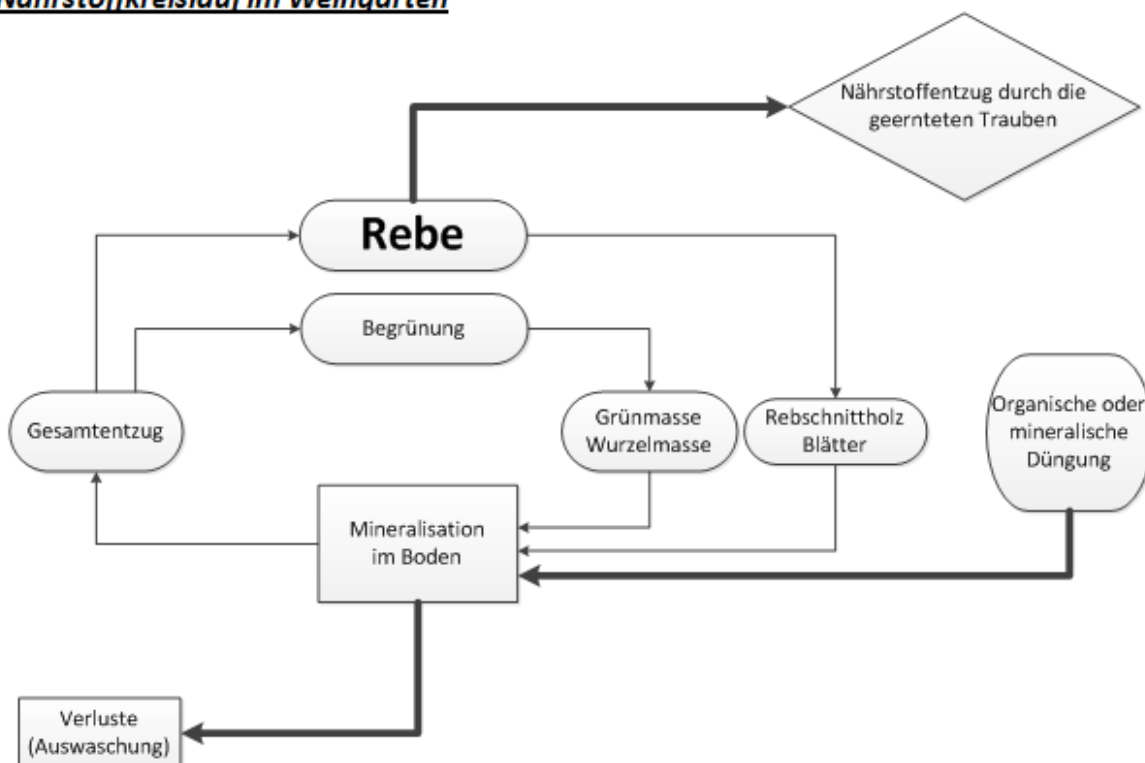


Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung des Nährstoffkreislaufes der Rebe (Bauer 2010, S.250)

Die Weinrebe und die Begrünungspflanzen nehmen Nährstoffe aus dem Boden auf und speichern diese in ihrer Biomasse. Die Nährstoffe, die in den Trauben

gespeichert sind, werden dem Weingarten entzogen, indem die Trauben aus dem Weingarten abgeführt werden. Die anfallenden organischen Bestandteile wie etwa die gemähte oder gemulchte Begrünung, das Rebschnittholz und das Laub des Weinstockes haben Nährstoffe gespeichert und sollten dem Boden wieder zugeführt werden. Dort mineralisieren die Nährstoffe mit der Zeit unter entsprechenden Bedingungen und stehen der Rebe und den Begrünungspflanzen wieder zur Verfügung. Ein Teil der mineralisierten Nährstoffe wird unter Umständen ausgewaschen oder entweicht in gasförmigem Zustand. Die durch den Entzug der Trauben und die Auswaschung bzw. Ausgasung verloren gegangenen Nährstoffe müssen durch organische oder mineralische Düngung dem Weingarten zugeführt werden, um eine ausgeglichene Nährstoffversorgung der Weinreben zu gewährleisten (Bauer 2008, S.250). Hinsichtlich der Düngung sind diverse Gesetze, Verordnungen und Richtlinien, wie zum Beispiel das Wasserrechtsgesetz oder die Bodenschutzgesetze, zu berücksichtigen (Mehofer et al. 2014, S.95).

Prinzipiell unterscheidet man organische und mineralische Düngemittel.

Organische Düngemittel haben gegenüber mineralischen Düngemitteln den Vorteil, dass sie dem Boden organische Substanz liefern, die den Bodenlebewesen als Nahrung dient, und dass sie den Humusgehalt des Bodens erhöhen. Außerdem verbessern sie die Bodenstruktur und die Wasserspeicherkapazität des Bodens und schützen den Boden vor Erosion.

Folgende organische Düngemittel stehen neben den Ernterückständen im Weinbau zur Verfügung:

- Gründüngung
- Stallmist
- Kompost
- Stroh, Rindenmulch und Holzhäcksel
- organische Handelsdünger (Mehofer et al. 2014, S.73)

Im konventionellen Weinbau können auch mineralische Düngemittel wie zum Beispiel Ammoniumnitrat-Harnstofflösung, Superphosphat oder Bor-Ammonsulfatsalpeter (Ziegler 2011, S.20) zum Einsatz kommen.

In den untersuchten Betrieben wurde, da ein Betrieb naturnah produziert und zwei weitere Betriebe zertifizierte BIO-Tafeltraubenproduzenten sind, hauptsächlich Gründüngung verwendet. Nur im hypothetischen Referenzbetrieb R erfolgte der Einsatz synthetischer Düngemittel (vgl. Kapitel 4.3.1).

Daten zur Herstellung der mineralischen Düngemittel konnten aus der ecoinvent-Datenbank entnommen werden. Die Phosphatauswaschung wurde nach dem SALCA-Modell von Prasuhn (2006, S. 4ff) abgeschätzt.

Zur Quantifizierung von Stickstoffemissionen im Weingarten, die aus der Verwendung von Gründüngung resultieren, konnten keine passenden Daten gefunden werden, und eine Messung derselben hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Die Emissionen von Stickstoffverbindungen stellen jedoch für die Treibhausgasbilanz und die Eutrophierung einen wichtigen Einflussfaktor dar (Neto et al. 2012, s.p), weshalb eine Modellierung derselben versucht wurde. Im Folgenden wird die Berechnung der einzelnen Parameter kurz erklärt. Die genauen Berechnungen sind in den Anhängen B bis E zu finden.

Zur Abschätzung der Auswaschung von Stickstoff in Form von Nitrat, welches zur Eutrophierung beiträgt, wurde, wie in Abbildung 9 vereinfacht dargestellt ist, eine Stickstoffbilanz des Weingartens für jeden Monat erstellt.

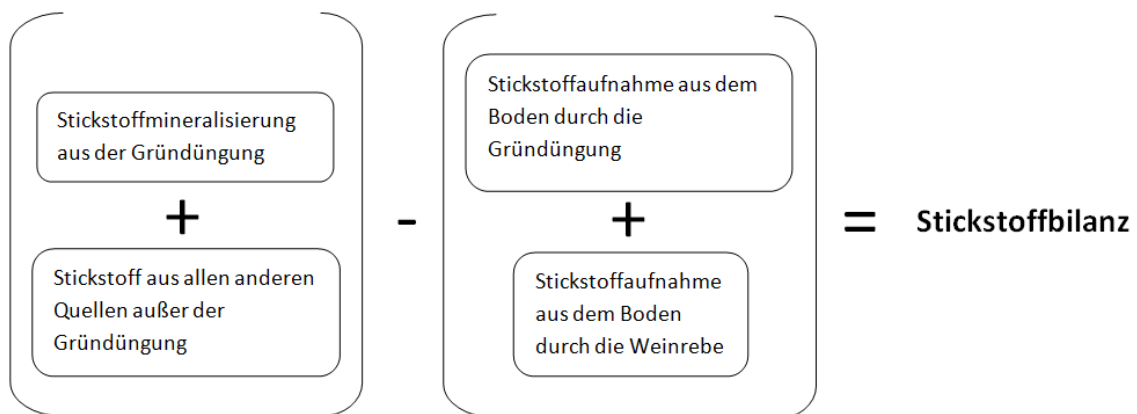


Abbildung 9: Stickstoffbilanz im Weingarten

Basierend auf Daten von Schwab et al. (2002, S.4), Ziegler (2011, S.11) und Kolbe et al. (2004, S.47ff) wurde der in der Gründüngung gespeicherte pflanzenverfügbare Stickstoff pro Hektar kalkuliert. Angelehnt an Richner et al. (2006) und unter Einbeziehung der unterschiedlichen Bodenpflegemaßnahmen des jeweiligen untersuchten Betriebes (Umbrechen, Mähen...) wurde das monatliche Mineralisierungspotenzial im Boden errechnet. Von diesem wurde der monatliche Stickstoffbedarf durch die Weinreben und die Begrünpflanzungen abgezogen, was die monatliche Stickstoffbilanz ergab. Diese wurde mit dem potenziellen Auswaschungsrisiko nach Richner et al. (2006) multipliziert und alle Monatswerte zu einem Jahreswert aufsummiert.

Lachgas (N_2O) ist ein klimarelevantes Gas, das einerseits als Zwischenprodukt bei der Denitrifikation (Umwandlung von NO_3 zu N_2) durch Mikroorganismen und andererseits bei der Nitrifikation (Umwandlung von NH_4 zu NO_3) entsteht.

Die N_2O -Emissionen wurden nach Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f) berechnet, wonach 1 % des düngewirksamen Stickstoffes als N_2O emittiert wird. Gemäß den IPCC Leitlinien für nationale Treibhausgasinventare aus dem Jahr 2006 (De Klein et al. 2006, S.11) wurde für die direkten N_2O -Emissionen ein Unsicherheitsbereich von 0,3 bis 3 % des düngewirksamen Stickstoffes angenommen. Auch die indirekten Lachgasemissionen aus Ammoniak und ausgewaschenem Nitrat wurden in dieser Ökobilanz berücksichtigt.

Für die Stickoxide (NO_x), die ebenfalls beim Denitrifikationsprozess im Boden entstehen können, wurde nach Nemecek & Schnetzer (2012, S.18) angenommen, dass 21 % der N_2O -Emissionen zusätzlich in Form von NO_x in die Luft gelangen.

Bewässerung

Wie schon in Kapitel 4.2.2. erwähnt, ist die Bewässerung der Trauben im internationalen Tafeltraubenanbau eine Standardmaßnahme. Falls ein Bewässerungssystem besteht, sollte ab der Blüte bis Anfang September regelmäßig bewässert werden, um die optimale Beerengröße zu erreichen (Ollig 2010, S.43).

Pflanzenschutz

Wie schon in der Junganlage ist der Pflanzenschutz auch in der Ertragsanlage essenziell. Jetzt, da der Weingarten im Vollertrag steht und die Trauben vermarktet werden, ist darauf zu achten, dass zum Zeitpunkt der Ernte keine Spritzmittelrückstände auf den Trauben zu sehen sind und die amtlichen Höchstgrenzen nicht überschritten werden (Redl et al.1996, S.575).

Die Berechnung der Emissionen durch Pflanzenschutzmittel erfolgte für die Ertragsanlage auf dieselbe Weise, wie in Kapitel 4.2.2 (Neu- und Junganlage: Pflanzenschutz) beschrieben.

Ernte

Die Lese der Trauben erfolgt von Hand, um die Trauben nicht zu beschädigen. Laut Redl (et al.1996, S.575) sollten zwei bis drei Lesedurchgänge erfolgen.

Am besten werden die Trauben am frühen Morgen, spätestens jedoch bis Mittag geerntet, da sie in diesem Fall noch von der Nacht abgekühlt sind. Anschließend werden sie in Plastiksteigen zum Betrieb gebracht, wo sie dann für den Verkauf aufbereitet und in entsprechenden Gebinden verpackt werden (Götz 2010, S.107).

4.2.4 Verpackung

In der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 543/2011 der Kommission vom 7. Juni 2011 (BMLFUW 2013, S.5) sind Details hinsichtlich der Anforderungen an die Verpackung von Tafeltrauben beschrieben. So müssen die Trauben etwa angemessen geschützt sein, das Verpackungsmaterial darf bei den Beeren keine Veränderungen hervorrufen, und verwendete Materialien müssen sowohl ungiftig und unschädlich als auch frei von Fremdstoffen sein.

Tafeltrauben sind hinsichtlich ihrer Lagerung heikel und stellen besondere Ansprüche an ihre Verpackung. Sie sind sehr druckempfindlich, und die Beeren können wegen der dünnen Schale leicht aufplatzen. Außerdem sind die Trauben anfällig auf Pilzinfektionen und Wasserverlust, da sie leicht schrumpfen. Überdies können die Beeren vom Stiel abfallen.

In der Praxis sind folgende Verpackungen zu je 500 g oder 1000 g üblich:

- Folienbeutel für einzelne Trauben
- Faltschachteln
- PE-Schalen

Der Transport erfolgt meistens in PE-Kisten, Kartonagen oder Holzsteigen (Ollig 2010, S. 114f.).

4.2.5 Lagerung

Trauben reifen nach der Ernte nicht mehr nach. Daher müssen sie am Weinstock ausreifen, bevor sie geerntet werden. Nach der Ernte verlieren die Früchte ohne entsprechende Lagerung sehr schnell an Wasser, Aroma und Substanz, da die Beeren beginnen, die eingelagerten Kohlenhydrate zu veratmen.

Die wichtigste Maßnahme zur Erhaltung der Qualität ist das Absenken der Lagertemperatur. Bei niedriger Lagertemperatur, die optimalerweise zwischen -1 °C und 0 °C liegen sollte, und einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 85 % sind Tafeltrauben ca. acht bis zehn Tage lagerfähig. Unter optimalen Lagerbedingungen,

also wenn die Trauben unter anderem mit CO₂ begast werden und die Luftfeuchtigkeit zwischen 90 und 95 % liegt, kann die Lagerzeit je nach Traubensorte auf ca. zwei bis vier Monate verlängert werden. (Ollig & Richter 2010, S.108f und 112f).

Laut Redl (2013) liegen heimische Tafeltrauben jedoch maximal zwei Tage im normalen Kühllager. Die Lagerung von Tafeltrauben aus Österreich findet außerdem ohne CO₂-Begasung statt.

Da ecoinvent über keinen Datensatz zur Kühlung von einer bestimmten Menge an Obst verfügt, wurde hierfür anteilmäßig der Bedarf an einer Lagerhalle sowie an Maschinen zur Kühlung und der Stromverbrauch dieser Maschinen für eine Lagerungsdauer von zwei Tagen berechnet.

4.2.6 Transport

Die Trauben werden in den untersuchten Betrieben auf dreierlei Weise vermarktet:

- Verkauf an Supermarktketten
- Selbstabholung durch die KundInnen
- Verkauf auf lokalen Märkten

Bei der Vermarktung über Supermarktketten wurde in der Modellierung nur der Transport vom Betrieb zum Lager des Supermarktes berechnet. Der Weitertransport vom Lager zu den einzelnen Filialen sowie der Transport der Trauben vom Supermarkt zu den KundInnen nach Hause liegt außerhalb der Systemgrenzen.

Wurden die Trauben auf Märkten verkauft, wurde ebenfalls nur der Transport vom Betrieb zum Markt berechnet und der weitere Transport durch die KundInnen nicht erfasst, da eine Abschätzung, welchen Anteil am Einkauf die Tafeltrauben haben bzw. wie viele andere Produkte die KundInnen auf dem Markt kaufen einerseits nicht möglich war, und andererseits eine Erfassung dieser Informationen den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte.

Bei der Selbstabholung konnten mithilfe des Datenerfassungsblattes ungefähre Abschätzungen gemacht werden, welche Entfernungen die Kunden in etwa zurücklegten.

4.3 Beschreibung der modellierten Betriebe

Im Folgenden werden die vier untersuchten Betriebe kurz beschrieben. Genaue Input- und Outputflüsse sind den Tabellen in den Anhängen B bis E zu entnehmen.

Die erwartete Lebensdauer der Weingärten wurde für alle vier Betriebe mit 35 Jahren abgeschätzt (Pölz 2014).

4.3.1 Hypothetischer Referenzbetrieb R

Das Modell, das in dieser Arbeit als hypothetischer Referenzbetrieb für die Ökobilanzierung dient, basiert ausschließlich auf Daten verschiedener Literaturquellen.

Ausgegangen wurde von einem 1 ha großen Weingarten, der konventionell bewirtschaftet wird und dem eine Entfernung von 5 km zum Betrieb unterstellt wurde. Auf der Fläche befinden sich 4000 Weinreben mit einem Reihenabstand von 2 m und einem Stockabstand von 1,2 m (Richter 2010, S.135f). Ein Traubenertrag von 14000 kg Trauben pro Hektar und Jahr wurde angenommen (Ziegler 2011, S.13).

Der Tafeltraubenanbau und der Keltertraubenanbau ähneln sich in einigen Punkten (Richter 2010, S.135). Daher wurden für die Herstellung einer neuen Tafeltraubenanlage Daten aus dem Weinbau herangezogen. Zur Unterstützung der Weinreben werden Steher der Firma Voest aus verzinktem Stahl und Zink-Alu-Drähte verwendet.

Vor der Aussaat wird der Weingarten mit einem Bagger umgegraben (Richter 2010, S.136), und eine Vorratsdüngung mit 150 kg P_2O_5 und 460 kg K_2O (Wunderer et al. 2003, S.49) wird vorgenommen.

Der dauerbegrünte Weingarten wird im Juli gemulcht. Das Rebschnittmaterial wird im März gehäckselt und verbleibt im Weingarten. Für diese beiden Arbeitsschritte werden je 2 Maschinenstunden berechnet. Das Ausbessern der Drahtanlage und die Unterstockbehandlung benötigen weitere 3 Maschinenstunden. Für weitere Pflegemaßnahmen, die 290 Arbeitskraftstunden erfordern (Richter 2010, S.144), werden 21 Anfahrten mit dem PKW kalkuliert. Für die Ernte ist der Traktor 10 Stunden im Einsatz (Richter 2010, S.142).

Für diese Ökobilanzierung wurde weiters angenommen, dass Pflanzenschutzmittel durchschnittlich sechsmal pro Jahr ausgebracht werden. Obwohl laut Rosner (2015) der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln aufgrund der unterschiedlichen

Witterungsverhältnisse von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein kann, wird für das untersuchte Modell der Einsatz von 12 kg Schwefel, 1 kg Kupfer und 6 l Phosphorsäure pro Hektar und Jahr exemplarisch angenommen (Redl 2013).

Dem hypothetischen Referenzbetrieb R wird auch der Einsatz eines Hagel- bzw. Insektenschutznetzes unterstellt.

Im Rahmen der Erhaltungsdüngung wird von der Ausbringung folgender mineralischer Düngemittel ausgegangen:

- 40 kg mineralischer Stickstoffdünger (Ziegler 2011, S.11)
- 20 kg P_2O_5
- 70 kg K_2O
- 25 kg MgO (Ziegler 2011, S.17)
- durchschnittlich 1,875 kg Bor (Ziegler 2011, S.40)

Der mineralische Stickstoffdünger wurde hier als Ammoniumnitrat modelliert.

Die Vermarktung der Trauben erfolgt nach eigener Annahme über Supermärkte, denen eine Entfernung von 30 km vom Betrieb unterstellt wurde. Als Verpackungsmaterial werden LDPE-Beutel mit je 500 g Fassungsvermögen angenommen. Für die Ernte, Lagerung und den Transport wurde zusätzlich ein Bedarf an 280 Plastiksteigen eingerechnet.

4.3.2 Betrieb A

Der Betrieb liegt im Weinviertel, Niederösterreich. Laut Betriebsleiter wird eine möglichst naturnahe Produktion angestrebt. Der Boden ist sandig, mit unbekanntem Tongehalt und einem Humusgehalt von 1,3 % (Betriebsleiter Betrieb A 2013). Laut Bodenprobe ist der Magnesiumgehalt im Boden hoch, der Kaliumgehalt niedrig und der Phosphorgehalt sogar sehr niedrig. Die durchschnittliche Steigung bzw. Hangneigung des Weingartens wurde als „teilweise sehr steil“ beschrieben.

Auf einer Fläche von 1 ha befinden sich 2000 Rebstöcke zum Tafeltraubenanbau. Dieser Hektar verteilt sich auf drei Weingärten, die etwa 1,5 km vom Betrieb bzw. Wohnort entfernt sind. Es wurden verschiedene Traubensorten angepflanzt, um von Mitte August bis Ende Oktober Trauben ernten und verkaufen zu können. Zwei der Weingärten waren zum Zeitpunkt der Datenerfassung, also im Jahr 2013, zum ersten Mal voll ertragsfähig, ein Weingarten steht ab 2014 im Vollertrag. Da zum Befragungszeitpunkt im Frühling 2013 der tatsächliche Ernteertrag noch nicht

bekannt war, wurde dieser vom Betriebsleiter mit etwa 7000 kg pro ha abgeschätzt. Der Stockabstand beträgt zwischen 90 und 100 cm, der Zeilenabstand liegt zwischen 300 und 310 cm. Auf Fläche A (0,75 ha) befinden sich 6 Zeilen von je 210 m Länge, auf Fläche B (0,17 ha) 3 Zeilen zu je 150 m und auf Fläche C (0,15 ha) 3 Zeilen von je 100 m Länge. Zur Unterstützung der Weinreben werden Steher der Firma Voest aus verzinktem Metall verwendet.

Alle Weingärten sind aufgrund der Erosionsgefahr durch die teilweise starke Steigung ganzjährig mit einer Kleegrasmischung mit einem Grasanteil von mehr als 25% begrünt.

Bewässert wird bei Bedarf, etwa dreimal pro Jahr, mit dem größeren der zwei verwendeten Traktoren, einem Fendt Bj. 2010 mit 66,2 kW, und einem Wasserfass. Pro Bewässerung werden etwa 15000 l Wasser benötigt.

Die Düngung erfolgte bisher ohne Einsatz von synthetischen Düngern, und auch für die Zukunft ist deren Verwendung nicht geplant. Falls es zu Ertragsrückgängen kommen sollte, würde laut Betriebsleiter zunächst mit Pferdemist gedüngt werden. Nur im Fall, dass diese organische Düngungsform zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis führen sollte, würde nach der Auswertung von Bodenproben eine bedarfsgerechte Düngung mit Mineraldüngern angedacht werden. Vor der Auspflanzung der Weinreben wurde keine Vorratsdüngung vorgenommen; der Boden wurde zur Vorbereitung auf die Pflanzung mit einer Straßenfräse 70 cm tief gelockert. Bisher erfolgt nur Gründüngung und sämtliches Rebschnittmaterial (Holz und Laub) verbleibt im Weingarten und wird im April oder Mai eingemulcht. Pro Jahr wird etwa dreimal gemulcht.

Für das Mulchen sowie für weitere Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen, die in Summe 53 Maschinenstunden beanspruchen, wird ein Traktor der Firma Fendt, Bj. 2010 mit 66,2 kW verwendet, für die Ernte (40 Maschinenstunden) ein Modell von Ferguson, Bj. 1965 mit 47,8 kW. Darüber hinaus fährt der Betriebsleiter etwa 40mal pro Jahr mit dem PKW zum Weingarten.

Im Rahmen des Pflanzenschutzes werden ausschließlich 2 kg Netzschwefel *Stulln* pro Hektar und Jahr eingesetzt. Vogelschutz- bzw. Insektenschutznetze werden derzeit nicht verwendet, eine Anschaffung ist jedoch in Planung.

Die Ernte wird an 20 Tagen von je zwei Personen unter Verwendung von insgesamt 50 Plastiksteigen durchgeführt. Die Vermarktung der Trauben erfolgt zu einem geringeren Teil über drei Märkte in der Umgebung. Auf diesen werden etwa 40 % der Trauben verkauft. Die Märkte liegen durchschnittlich 13 km vom Betrieb entfernt und werden sechsmal beliefert. Der Großteil der Trauben, also an die 60 %, wird direkt über den Ab-Hof-Verkauf vermarktet, da dem Betrieb eine Buschenschank mit Hofladen angeschlossen ist, in dem auch weitere größtenteils selbst hergestellte Produkte erworben werden können. Etwa die Hälfte der KundInnen reist laut Betriebsleiter aus einem Umkreis von etwa 10 km mit dem Auto an. Die KundInnen kaufen bei ihrem Besuch zwischen 0,5 und 3 kg Trauben. Zum Verkauf werden die Trauben in Kartonschalen zu je 500 oder 1000 g verpackt.

4.3.3 Betrieb B

Dieser Bio-Betrieb liegt ebenfalls im Weinviertel, Niederösterreich. Beim Boden handelt es sich um sandigen Löss mit niedrigem Tongehalt und einem Humusgehalt von ca. 2,4 % (Betriebsleiter Betrieb B 2013). Die durchschnittliche Steigung bzw. Hangneigung des Weingartens beträgt 2 %.

Die Gesamtfläche von 8 ha ist in zwei Schläge zu je 4 ha aufgeteilt und etwa 500 m vom Betrieb bzw. Wohnort entfernt. Im Weingarten wurden 2800 Rebstöcke pro Hektar gepflanzt und der Ertrag wurde mit 6500 kg Trauben pro Hektar und Jahr angegeben.

Die Zeilen sind je 125 m lang, der Stockabstand beträgt 120 cm, der Zeilenabstand liegt bei 280 cm. Zur Unterstützung der Weinreben werden Steher der Firma *Artos* aus verzinktem Stahl und Drähte aus einer Aluminium-Zink-Legierung verwendet.

Vor der Auspflanzung der Weinreben wurde keine Vorratsdüngung vorgenommen; der Boden wurde zur Vorbereitung auf die Pflanzung mit einem Grubber 40 cm tief gelockert.

Der Weingarten ist fast ganzjährig begrünt, und die Begrünung wird viermal jährlich gemulcht. Jede zweite Reihe wird etwa Anfang Mai umgebrochen und dann bis ungefähr Mitte Juli offengehalten. Danach wird wieder eine Begrünung mit 80 % Leguminosenanteil (*Wolff-Mischung*) eingesät. Da sich das Grundwasser im Weingarten sehr tief im Boden befindet, wird der Weingarten nicht bewässert.

Für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel, die Ernte, einen Teil des Mulchens und für ein paar weitere Bodenbearbeitungsmaßnahmen wird der Traktor *Fendt*

208p, Bj. 2006 mit 62,52 kW im Ausmaß von 9,75 Maschinenstunden pro Hektar verwendet. Der Großteil der Bodenbearbeitungsmaßnahmen und des Mulchens sowie das Anbauen der Begrünung, diverse Laubarbeiten und ein Teil der Pflanzenschutzmittelausbringung wird mit einem Traktor der Marke *Lamborghini*, Bj. 2006 mit 51,5 kW durchgeführt. Darüber hinaus fährt der Betriebsleiter etwa 50mal pro Jahr mit dem PKW zum Weingarten.

Im Rahmen des Pflanzenschutzes werden pro Hektar und Jahr 13,91 kg Netzschwefel, Kupferpräparate mit 0,18 kg Reinkupfer und das Fungizid *Vitisan LS-6160* in Kombination mit *Prev-B2* ausgebracht. Der Dispenser *Isonet L/E 2842* wird zur Abwehr des Traubenwicklers eingesetzt. Die Trauben werden des Weiteren durch Netze aus Polyethylen vor Hagel, Vogelfraß und Insektenfraß geschützt.

Die Ernte wird an 21 Tagen von je neun Personen durchgeführt. Danach werden die Trauben auf Wunsch des Abnehmers in Plastikschaalen zu je 500 g und diese dann in Kartons zu je 5 kg verpackt und an den etwa 150 km entfernten Verteiler geliefert, von wo aus die Trauben an Supermarktketten und Naturkostläden verteilt werden.

4.3.4 Betrieb C

Der Bio-Betrieb liegt im östlichen Burgenland. Auf einer zirka 0,66 ha großen zusammenhängenden Fläche werden Tafeltrauben produziert. Der Weingarten ist vier Kilometer vom Betrieb bzw. Wohnort entfernt. Beim Boden handelt es sich um sandigen Lehm, wobei der Tongehalt leider nicht bekannt ist. Der Humusgehalt des Bodens beträgt 4 %. Die durchschnittliche Steigung bzw. Hangneigung des Weingartens liegt bei 2 % (Betriebsleiter Betrieb C 2013).

Auf der Fläche befinden sich 2244 Rebstöcke zum Tafeltraubenanbau. Der Ernteertrag wurde mit 7500 kg/ha angegeben, das entspricht einem Ertrag von 4950 kg auf der Fläche von 0,66 ha. Der Stockabstand beträgt 100 cm, der Zeilenabstand 280 cm. Es befinden sich 8 Zeilen mit einer Länge von jeweils 300 m im Weingarten. Zur Unterstützung der Weinreben wurden Steher der Firma *Voest* aus verzinktem Metall und Drähte aus verzinktem Stahl gewählt.

Vor der Pflanzung der Weinstöcke wurde der Boden mit einem Pflug ca. 40 cm tief gewendet und eine einmalige Vorratsdüngung mit 20 Tonnen Rindermist vorgenommen.

In Trockenperioden wird mithilfe einer fest installierten Tropfbewässerung bewässert.

Hierfür wird Grundwasser mit einer Benzinpumpe aus einem Brunnen aus einer Tiefe von etwa vier bis fünf Metern hochgepumpt.

Die Düngung erfolgt nur mehr mittels Gründüngung. Es wird etwa dreimal pro Jahr gemulcht, wobei nur einmal im Jahr gegrubbert und ansonsten lediglich gemäht wird und das Mähgut auf der Fläche liegen gelassen wird. Jede zweite Zeile wird im März gegrubbert und danach mit der Begrünungsmischung *Rebenfit* der Firma *Biohelp* nachgesät, um einer Vergrasung der Gründüngung vorzubeugen. Die jeweils anderen Zeilen werden Ende April gegrubbert. Diese Zeilen werden nicht nachgesät, hier wächst eine natürliche Begrünung nach. Im folgenden Jahr erfolgt die Bodenbearbeitung alternierend. Auch das gesamte Rebschnittmaterial verbleibt im Weingarten. Es wird im Februar gehäckselt und dann im Weingarten ausgebracht.

Für das Mulchen, die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel, Laubarbeiten bzw. sonstige Pflegearbeiten im Weingarten und für einen Teil der Ernte wird der Traktor *Massey Ferguson MF 174*, Bj. 1987 mit 51,5 kW im Ausmaß von 45,45 Maschinenstunden pro Hektar verwendet. Sonstige Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie der andere Teil der Ernte (in Summe 30,3 Maschinenstunden pro Hektar) werden mit einem *Lamborghini 775*, Bj. 2004 mit 55,16 kW, durchgeführt. Darüber hinaus fährt der Betriebsleiter etwa 20mal pro Jahr mit dem PKW zum Weingarten.

Im Rahmen des Pflanzenschutzes werden pro Jahr und Hektar 15 kg Netzschwefel und ein Kupferpräparat mit einem Gehalt von 2 kg Reinkupfer ausgebracht. Zur Pflanzenstärkung werden die Weinstöcke zusätzlich mit *Alginure* (Alginure GmbH., Reinfeld, Deutschland) behandelt. Im Weingarten werden keine Vogelschutz- bzw. Insektenschutznetze verwendet.

Die Ernte wird an 5 Tagen von je acht Personen unter Verwendung von insgesamt 100 Plastiksteigen durchgeführt. Danach werden die Trauben zur Gänze über einen Supermarkt verkauft. Der Transport dorthin, der über eine Distanz von 90 km reicht, erfolgt mit einem Klein-LKW.

4.3.5 Die vier untersuchten Betriebe im Überblick

Details siehe Anhänge B-E

Tabelle 2: Eckdaten zu den vier untersuchten Betrieben

	Hypothetischer Referenzbetrieb R¹	Betrieb A²	Betrieb B²	Betrieb C²
Fläche des Weingartens	1 ha	ca. 1 ha (auf 3 Flächen verteilt)	8 ha (zweimal 4 ha)	0,66 ha
Entfernung zum Betrieb	eigene Annahme: 5 km	ca. 1,5 km	ca. 0,5 km	4 km
Ernteertrag	14000 kg/ha (Ziegler 2011, S.6)	ca. 7000 kg/ha	ca. 6500 kg/ha	ca. 7500 kg/ha
Weinreben	4000 Stück/ha	2000 Stück/ha	2800 Stück/ha	3400 Stück/ha
Weingartenanlage	Zeilenabstand: 2 m eigene Annahme: Zeilenlänge: 5000 m/ha	6 Zeilen zu je 210 m 3 Zeilen zu je 150 m 3 Zeilen zu je 100 m Zeilenlänge: 2010 m/ha	Zeilen je 125 m lang mit 2,8 m Zeilenabstand Zeilenlänge: 2937,5 m/ha	8 Zeilen zu je 300 m Zeilenlänge: 4000 m /ha
Metallsteher	1300 Steher/ha	323 Steher/ha	470 Steher/ha	509 Steher/ha
Endsteher	100 Endsteher/ha	24 Endsteher/ha	47 Endsteher/ha	24 Endsteher/ha
Abstand zwischen Stehern	eigene Annahme	6 m	6 m	7 m

¹ Die in dieser Spalte enthaltenen Werte sind, wenn nicht anderwärtig angegeben, Richter (2010) entnommen

² Die im Folgenden angegebenen Werte sind, wenn nicht anderwärtig angegeben, den von den Betriebsleitern ausgefüllten Datenerfassungsblättern entnommen.

Draht	eigene Annahme	6 Drähte/Zeile: errechnete 475 kg/ha	7 Drähte/Zeile: errechnete 529,1 kg/ha	909 kg/ha
Schutznetze	eigene Annahme: PE- Netz	keine	PE-Netz: 6700 m ² /ha	keine
Bewässerung	Tropfbewässerung, eigene Annahme: Pumpe mit Strom	etwa dreimal pro Jahr mit Wasserfass und Traktor je 45000 l/a	keine	Tropfbewässerung mit Benzinpumpe
Vorratsdüngung	eigene Annahme: 460 kg K ₂ O und 150 kg P ₂ O ₅ (Wunderer et al. 2003, S.49)	keine	keine	20 t Stallmist/ha
Düngung/Begrünung	eigene Annahme: 40 kg N/ha (Ziegler 2011, 11) 20 kg P ₂ O ₅ /ha (Ziegler 2011, 17) 70 kg K ₂ O/ha (Ziegler 2011, 17) 25 kg MgO/ha (Ziegler 2011, 17)	Dauerbegrünung, dreimal pro Jahr gemulcht, kein Umbrechen des Bodens, keine Nachsaat	Gründüngung wird viermal pro Jahr gemulcht, teilweises Offenhalten des Bodens, Nachsaat	Gründüngung wird dreimal pro Jahr gemulcht, einmal pro Jahr gegrubbert, Nachsaat
Pflanzenschutz und -stärkungsmittel	pro ha und Jahr: 12 kg Schwefel 6 l Phosphonsäure 1 kg Kupfer (Redl 2013)	pro ha und Jahr: 2 kg <i>Stulln</i> Schwefel	pro ha und Jahr: 13,91 kg Netzschwefel, 0,174 kg Reinkupfer 1,14 kg <i>Cocana</i> , 6,8 kg <i>Vitisan</i> LS 6160 2,5625 kg <i>Prev – B2</i> 5,76 kg <i>Alginure</i> 495 Stück <i>IsonetL/E2842</i>	pro ha und Jahr: 15 kg Netzschwefel 2 kg Reinkupfer <i>Alginure</i> (keine Mengenangabe)

Traktoren	eigene Annahme: Traktor mit 44,9 kW	angemietet: Fendt Bj. 2010, 66,2 kW: 60 Traktorstunden (Th)/a/ha	Fendt Bj. 2006, 62,52 kW: 9,75 Traktorstunden (Th)/a/ha	Ferguson Bj. 1987, 51,5 kW: 45,45 Traktorstunden (Th)/a/ha
	27 Th /a/ha	Ferguson – Bj. 1965, 47,8 kW: 34 Th /a/ha	Lamborghini Bj 2006, 51,5 kW: 8,19 Th/a/ha	Lamborghini Bj 2004 55,16 kW: 30,3 Th/a/ha
a. Bodenbearbeitung (grubbern, eggen, fräsen...)	-	9 Th/a/ha	T1: 1,66 Th/a/ha T2: 4,88 Th/a/ha	T2: 22,73 Th/a/ha
b. mulchen	2 Th/a/ha	12 Th/a/ha	T1: 0,34 Th/a/ha T2: 1,5 Th/a/ha	T1: 15,15 Th/a/ha
c. düngen		0 Th/a/ha	T2: 0,375 Th/a/ha	
d. Pflanzenschutzmittel ausbringen	sechsmal pro Jahr (angenommene 12 Th/a/ha)	12 Th/a/ha	T1: 5,75 Th/a/ha T2: 0,88 Th/a/ha	T1: 15,15 Th/a/ha (sechsmal pro Jahr)
e. Ernte	10 Th/a/ha und 300 Arbeitskraftstunden	40 Th/a/ha (an 20 Tagen von 2 Personen)	T1: 2 Th/a/ha (an 21 Tagen von 9 Personen)	T1: 7,58 Th/a/ha T2: 7,58 Th/a/ha (an 5 Tagen von 8 Personen)
f. Laubarbeiten und sonstige Pflegearbeiten im Weingarten	3 Th/a/ha	10 Th/a/ha	T2: 0,56 Th/a/ha	T1: 7,58 Th/a/ha
g. Rebschnitt	0	10 Th/a/ha	0	0
Verpackung	eigene Annahme: Plastikbeutel zu je 0,5 kg	in Kartonschalen zu je 0,5 kg und 1 kg	in Plastikschaalen zu je 0,5 kg, die in Einweg-Kartons zu je 5 kg verpackt werden	in Plastikschaalen zu je 0,5 kg
Transport zu den Kundinnen und Kunden	eigene Annahme: Transport zum Supermarkt	60 % Direktvermarktung 40 % Verkauf auf umliegenden Märkten	Transport zum Supermarkt	Transport zum Supermarkt

4.4 Angenommene Schwankungsbreiten der Daten

Die für die Berechnung der Ökobilanzen in dieser Masterarbeit verwendeten Daten basieren größtenteils auf Aussagen der Betriebsleiter sowie auf Abschätzungen, die sich auf Literaturwerte stützen. Für einige Prozesse bestehen zum Teil große Schwankungsbreiten, die im Folgenden beschrieben sind und, wenn nicht anders angegeben, auf eigenen Annahmen basieren.

Tabelle 3: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für den hypothetischen Referenzbetrieb R

Kategorie	Mittelwert oder Modus	min.	max.	Einheit	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Neuanlage	1	0,9	1,1	ha	Dreiecksverteilung
Verzinkung der Metallsteher	0,08984304	0,07983304	0,09985304	ha	Dreiecksverteilung
Extrusion-Plastikfolie für Schutznetz		1155	2808,75	kg	gleichförmig
HDPE - Granulat für Herstellung des Schutznetzes		1155	2808,75	kg	gleichförmig
Transport der Materialien für Neuanlage zum Betrieb	460,005	184,002	542,6925	tkm	Dreiecksverteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	4,127896413	1,245434323	12,363502380	kg	Dreiecksverteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	0,866858247	0,261541208	2,596335501	kg	Dreiecksverteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Ertragsanlage	1	0,9	1,1	ha	Dreiecksverteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	0,288952749	0,087180403	0,865445167	kg	Dreiecksverteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	1,375965471	0,415144774	4,121167462	kg	Dreiecksverteilung

Entsorgung der Plastikbeutel (Verpackungsmaterial)		0,00199	0,00398	kg	gleichförmig
Transport zum Supermarkt		420	1400	tkm	gleichförmig

Tabelle 4: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb A

Kategorie	Mittelwert oder Modus	min.	max.	Einheit	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Neuanlage	1	0,9	1,1	ha	Dreiecksverteilung
Verzinkung der Metallsteher	0,0199216	0,0197224	0,0201208	ha	Dreiecksverteilung
Drahtziehen - eine Spule Draht mehr bzw. weniger	475	450	500	kg	Dreiecksverteilung
Stahlbedarf in der Neuanlage	2898,05	2873,05	2923,05	kg	Dreiecksverteilung
Extrusion-Plastikfolie für Schutznetz		594,46	1266,3	kg	gleichförmig
HDPE - Granulat für Herstellung des Schutznetzes		594,46	1266,3	kg	gleichförmig
Transport der Materialien für Neuanlage zum Betrieb	209,72	69,95	210,97	tkm	Dreiecksverteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	2,68	0,81	8,04	kg	Dreiecksverteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	0,56	0,17	1,67	kg	Dreiecksverteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Ertragsanlage	1	0,9	1,1	ha	Dreiecksverteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	0,1878	0,0565	0,5628	kg	Dreiecksverteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	0,8941	0,2690	2,6799	kg	Dreiecksverteilung

Entsorgung des Kartons (Verpackungsmaterial)		124,25	248,5	kg	gleichförmig
Transport zum Kunden - Selbstabholung	800	400	1200	v*km	Dreiecks= verteilung

Tabelle 5: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb B

Kategorie	Mittelwert oder Modus	min.	max.	Einheit	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Neuanlage	8	7,2	8,8	ha	Dreiecks= verteilung
Verzinkung der Metallsteher	0,23331952	0,2128532	0,2537862	ha	Dreiecks= verteilung
Extrusion-Plastikfolie für Schutznetz		4127,2	10036,6	kg	gleichförmig
HDPE - Granulat für Herstellung des Schutznetzes		4127,2	10036,6	kg	gleichförmig
Transport der Materialien für Neuanlage zum Betrieb		739,33	1885,25	tkm	gleichförmig
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	22,77	7,60	66,12	kg	Dreiecks= verteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	4,78	1,60	13,89	kg	Dreiecks= verteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Ertragsanlage	8	7,2	8,8	ha	Dreiecks= verteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	1,59	0,53	4,63	kg	Dreiecks= verteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	7,59	2,53	22,04	kg	Dreiecks= verteilung
Entsorgung der Plastikschaalen		0,00545	0,0109	kg	gleichförmig

Transport zum Supermarkt	7800	7020	7965	tkm	Dreiecks= verteilung
--------------------------	------	------	------	-----	-------------------------

Tabelle 6: Annahmen für Parameter-Unsicherheiten für Betrieb C

Kategorie	Mittelwert oder Modus	min.	max.	Einheit	Wahrscheinlichkeits= verteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Neuanlage	0,66	0,594	0,726	ha	Dreiecks= verteilung
Verzinkung der Metallsteher	0,023383	0,021031	0,025735	ha	Dreiecks= verteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	2,90	1,20	5,22	kg	Dreiecks= verteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Neuanlage (De Klein et al. 2006)	0,6089	0,2524	1,0958	kg	Dreiecks= verteilung
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in der Ertragsanlage	0,66	0,594	0,726	ha/a	Dreiecks= verteilung
Benzinverbrauch für Tropfbewässerung in der Neuanlage	180	144	216	kg	Dreiecks= verteilung
Benzinverbrauch für Tropfbewässerung in der Ertragsanlage	60	54	66	kg	Dreiecks= verteilung
NO _x -Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	0,1408	0,0556	0,3842	kg	Dreiecks= verteilung
N ₂ O-Emissionen im Rahmen der Düngung in der Ertragsanlage (De Klein et al. 2006)	0,6704	0,2647	1,8296	kg	Dreiecks= verteilung
Entsorgung der Plastikschaalen		0,00545	0,0109	kg	gleichförmig
Transport zum Supermarkt	405	364,5	445,5	v*km	Dreiecks= verteilung

5 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden in den Kapiteln 5.1 bis 5.4 zunächst die Ergebnisse der Ökobilanzierung beschrieben. Die in den Abbildungen enthaltenen Balken stellen jene Prozesse dar, die den größten Einfluss auf die jeweils untersuchte Wirkungskategorie aufweisen. Die weiteren Prozesse des Produktsystems wurden in die Balken „andere Faktoren“ zusammengefasst, da ihr Einfluss jeweils zu gering ist, um sie separat darzustellen.

Aufgrund von teilweise großen Unterschieden zwischen den berechneten Punktwerten und den Ergebnissen der Unsicherheitsanalyse (Monte-Carlo-Analysen) werden letztere separat in Kapitel 5.6 dargestellt.

5.1 Ergebnisse für den hypothetischen Referenzbetrieb R

5.1.1 Treibhauspotenzial

Das GWP100 bei der Produktion von Tafeltrauben im hypothetischen Referenzbetrieb R wird mit insgesamt 0,296 kg CO₂-eq/kg berechnet. Diese THG-Emissionen stammen hauptsächlich von fünf Prozessen (Abbildung 10).

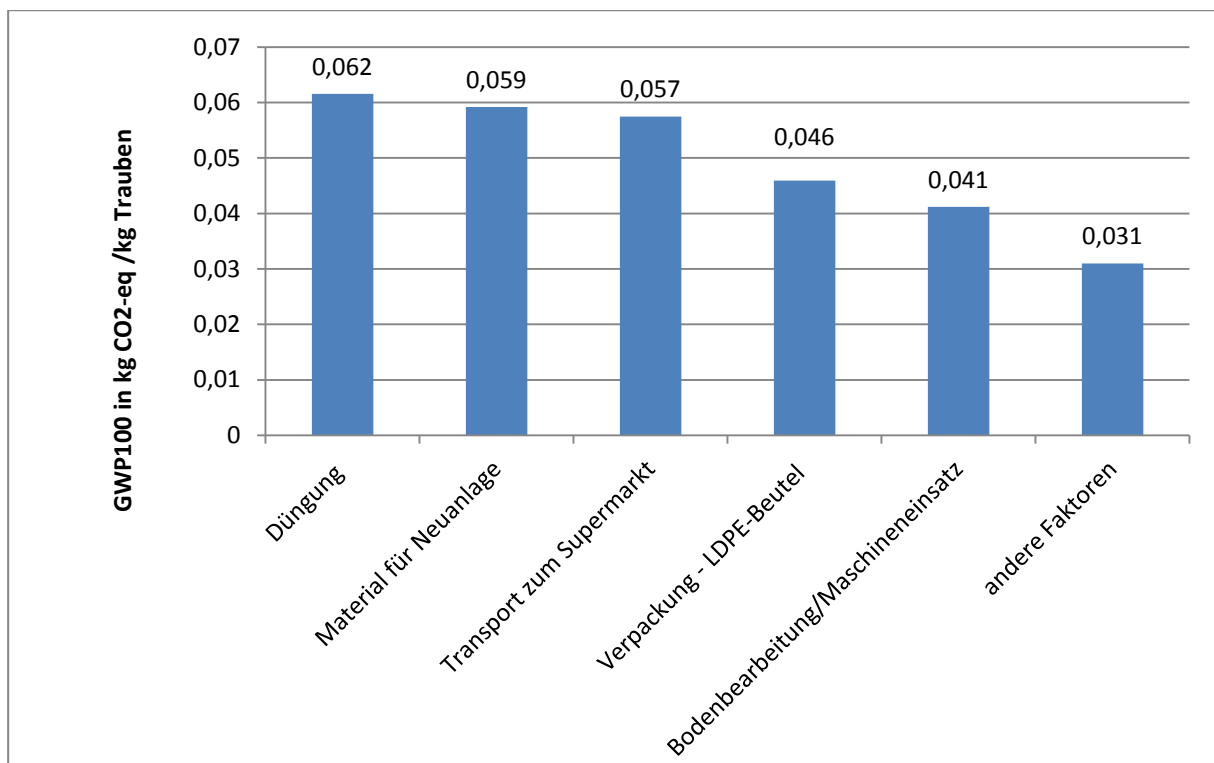


Abbildung 10: Treibhauspotenzial der Produktion von 1 kg Trauben im hypothetischen Referenzbetrieb R

Den größten Anteil am gesamten GWP100 hat mit 0,062 kg CO₂-eq/kg die Düngung. Davon entstehen 0,02 kg CO₂-eq/kg bei der Herstellung von Ammoniumnitrat, der größte Teil aber in Form von Lachgasemissionen in Zusammenhang mit der Düngemittelausbringung im Weingarten. Die Lachgasemissionen sind nach Nemecek & Schnetzer (2012) mit einer starken Unsicherheit behaftet, da sie nicht auf Messungen aus einem Weingarten, sondern aus der Berechnung mithilfe eines in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Modells abgeschätzt wurden.

Die Materialien für die Neuanlage tragen 0,059 kg CO₂-eq/kg zum Treibhauspotenzial bei. Die Emissionen stammen dabei fast zur Gänze aus der Herstellung der verzinkten Stahlsteher. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass sich die ecoinvent-Datensätze auf Herstellerfirmen aus ganz Europa beziehen, die verwendeten Voest-Steher aber in Österreich produziert wurden. Daten von Voest waren nicht verfügbar.

Falls der Supermarkt, an den die Trauben geliefert werden, wie angenommen 30 km vom Betrieb entfernt sein sollte, dann wäre der Transport für die Emission von 0,057 kg CO₂-eq/kg verantwortlich. Da diese Entfernung aber auf einer persönlichen Annahme basiert, unterliegt dieser Wert einer großen Unsicherheit (siehe. Kapitel 5.6).

Unter der Annahme, dass die Trauben in Beuteln aus LDPE verpackt werden, entstehen dadurch insgesamt 0,046 kg CO₂-eq/kg, wobei Herstellung und Entsorgung (Verbrennung) der Beutel zu etwa gleichen Teilen zum GWP beitragen.

Im Rahmen der Bodenbearbeitung und des weiteren Maschineneinsatzes im Weingarten werden geschätzte 0,041 kg CO₂-eq/kg an die Luft abgegeben. Diese Emissionen sind hauptsächlich auf die Treibstoffverbrennung beim Traktoreinsatz zurückzuführen.

5.1.2 Aquatische Eutrophierung

Das aquatische Eutrophierungspotenzial bei der Herstellung von 1 kg Tafeltrauben wird mit insgesamt 1,20E-4 kg P-eq/kg berechnet, wobei die wichtigsten zwei Einflussgrößen die Materialien für die Neuanlage und die Düngung sind.

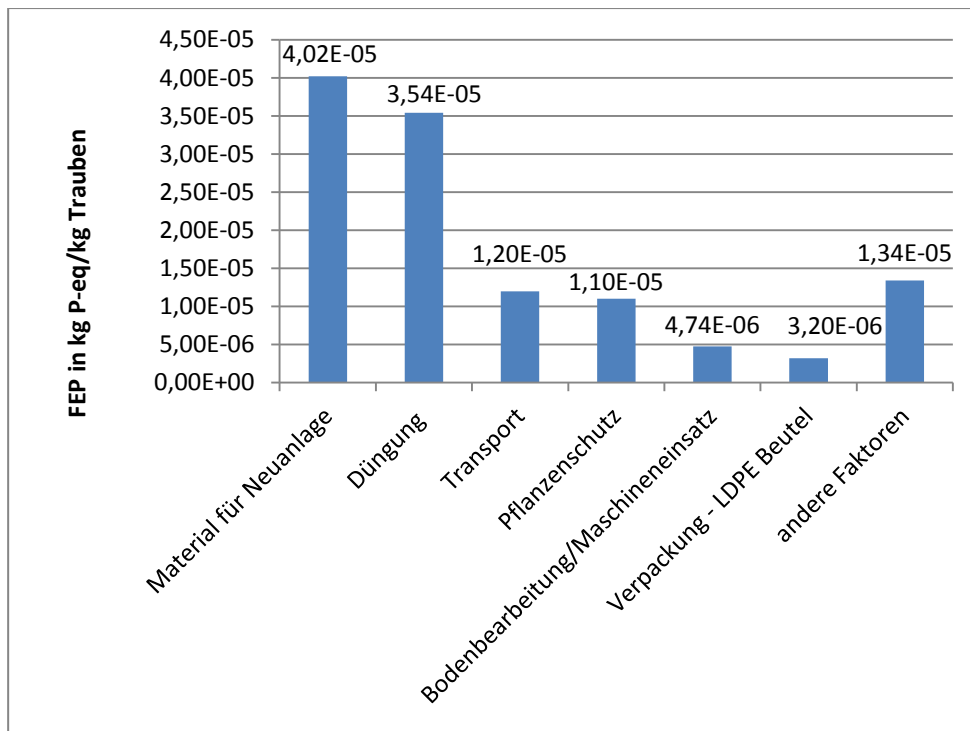


Abbildung 11: Aquatisches Eutrophierungspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R

Mit $4,02E-5$ kg P-eq/kg, also etwa 34 % des Gesamt-FEPs, trägt zum größten Teil das Material für die Neuanlage zum aquatischen Eutrophierungspotenzial bei. Die Emissionen entstehen dabei fast zur Gänze bei der Produktion der verzinkten Stahlsteher.

Die Düngung ist, wie in Abbildung 11 dargestellt ist, für $3,54E-5$ kg P-eq/kg (das entspricht 30 % des FEPs) verantwortlich. Dabei entstehen allein $2,56E-5$ kg P-eq/kg bei der Herstellung von Phosphorsäure, die zur Erzeugung von Diammoniumnitrat benötigt wird. Die Emissionsdaten zur Herstellung von Phosphorsäure aus der ecoinvent-Datenbank stammen aus dem Jahr 1999 und beziehen sich auf eine Fabrik in Marokko. Möglicherweise würde hier die Betrachtung aktuellerer Werte, zum Beispiel aus einer moderneren Fabrik mit verbesserter Abwasserbehandlung zu einem Ergebnis mit geringeren Umweltauswirkungen führen. Die restlichen düngungsbezogenen Emissionen stammen aus der Ausbringung der Düngemittel.

Unter der Annahme eines Transportes der Trauben über eine Entfernung von 30 km würden diesem Prozess der Ausstoß von $1,20E-5$ kg P-eq/kg zugeschrieben werden. Nachdem die Entfernung des Supermarktes aber nur geschätzt wurde, unterliegt dieser Wert einer gewissen Unsicherheit.

Im Rahmen des Pflanzenschutzes werden geschätzte $1,10E-5$ kg P-eq/kg emittiert, die sich zu etwa gleichen Teilen auf die Herstellung von Kupfer und die Emissionen bei bzw. nach der Ausbringung der Pflanzenschutzmittel im Weingarten aufteilen.

Die Herstellung der landwirtschaftlichen Geräte, die anteilig entsprechend ihrer Einsatzdauer berechnet wurden, aber auch zu einem sehr geringen Teil die Dieselproduktionstragen tragen mit dem Ausstoß von $4,74E-6$ kg P-eq/kg zum Gesamtergebnis bei.

Die Herstellung der LDPE Beutel verursachen geschätzte Emissionen von $3,20E-6$ kg P-eq/kg.

5.1.3 Terrestrische Ökotoxizität

Bei der Erzeugung von 1 kg Trauben entstehen geschätzte $4,9E-4$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

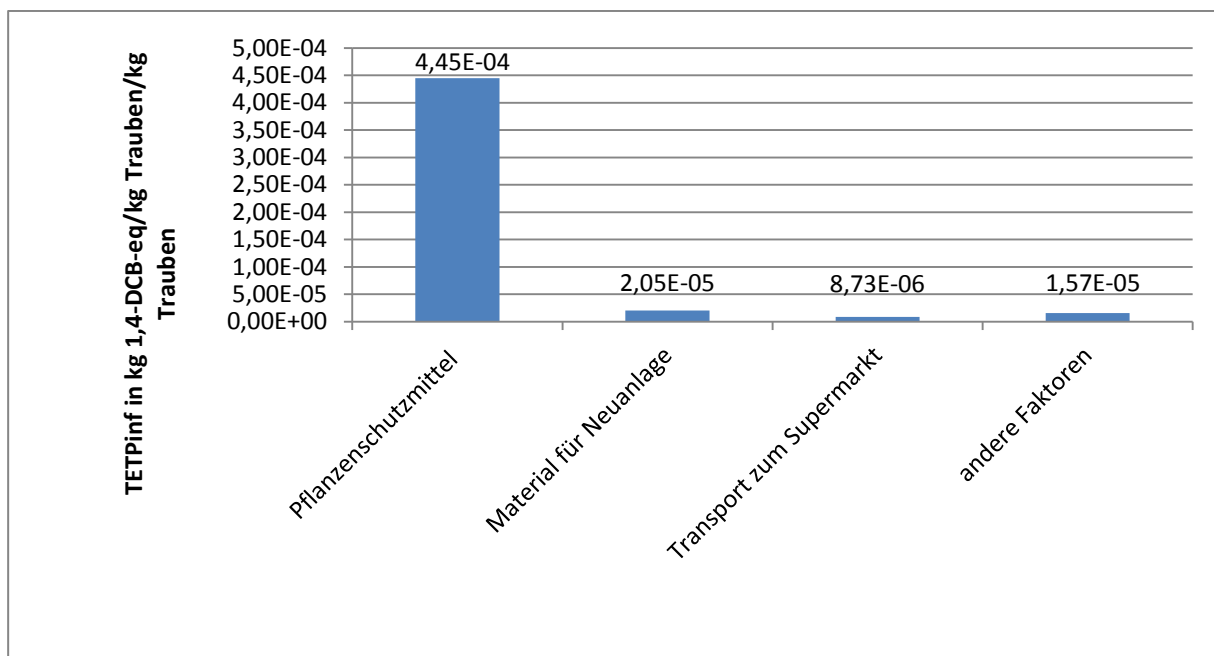


Abbildung 12: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R

Wie in Abbildung 12 deutlich zu sehen ist, ist der Pflanzenschutz für das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R mit $4,45E-4$ kg 1,4-DCB-eq/kg mit Abstand der einflussreichste Faktor. Er macht 91 % des Gesamtergebnisses aus, vorwiegend durch Kupferemissionen in den Boden.

$2,05E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also etwa 4 % des gesamten terrestrischen Ökotoxizitätspotenzials sind auf die Herstellung verschiedener Metallteile wie zum

Beispiel der Steher und Drähte zurückzuführen, wovon ein Großteil dieser Emissionen der Herstellung der verzinkten Stahlsteher zuzuschreiben ist.

Beim Transport der Trauben vom Referenzbetrieb zum Supermarkt über eine Distanz von 30 km entstehen $8,73E-6$ kg 1,4-DCB-eq/kg. Dieser Wert kann jedoch mit größerer bzw. kleinerer tatsächlicher Entfernung höher oder geringer sein.

5.1.4 Humantoxizität

Das Humantoxizitätspotenzial bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben wurde mit insgesamt $0,131$ kg 1,4-DCB-eq/kg errechnet, wovon, wie in Abbildung 13 klar erkennbar ist, mit 56 % des Gesamtergebnisses ein Großteil der Emissionen aus der Herstellung des Materials für die Neuanlage stammt. Allein im Rahmen der Produktion der Metallsteher werden $0,07$ kg 1,4-DCB-eq/kg emittiert, die jeweils etwa zur Hälfte auf die Stahlerzeugung und auf die Gewinnung von Zink, das für die Verzinkung der Steher benötigt wird, zurückzuführen ist.

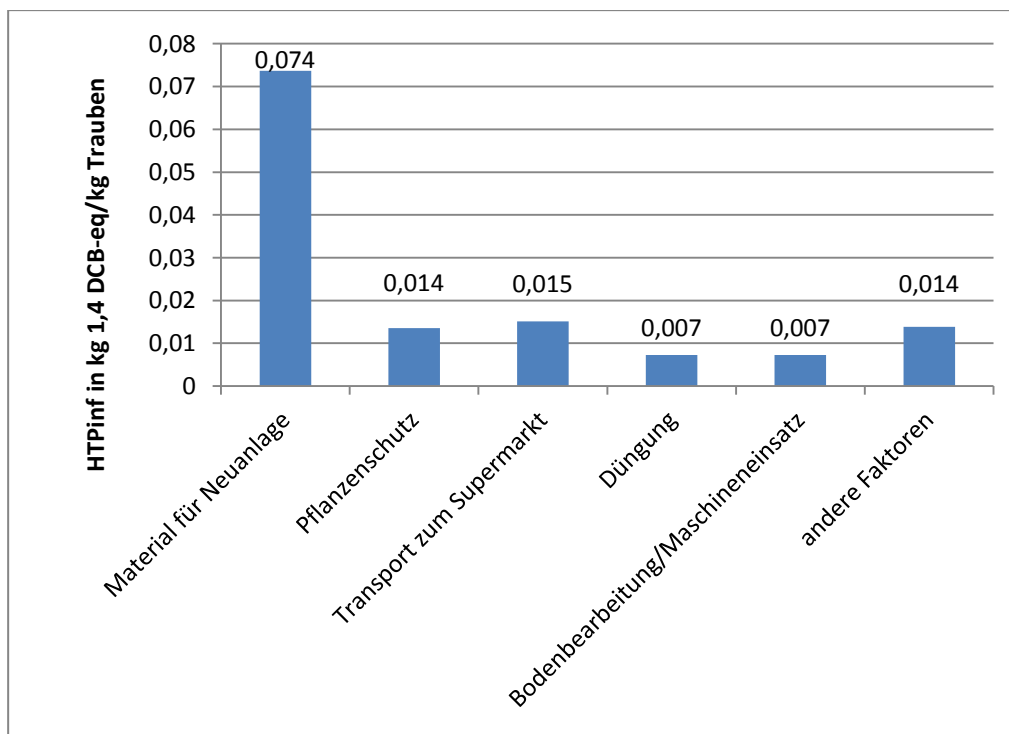


Abbildung 13: Humantoxizitätspotenzial des hypothetischen Referenzbetriebs R

Die Emissionen, die dem Transport der Trauben zuzurechnen sind, betragen bei einer Transportdistanz von 30 km $0,015$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

Der Pflanzenschutz (zu mehr als 90 % die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln) ist für den Ausstoß von 0,014 kg 1,4-DCB-eq/kg verantwortlich, was 10 % des gesamten Humantoxizitätspotenzials entspricht. Dabei fallen 0,008 kg 1,4-DCB-eq/kg auf die Gewinnung von Kupfer und 0,004 kg 1,4-DCB-eq/kg auf die Herstellung von Phosphorchlorid.

Bei der Herstellung der mineralischen Düngemittel entstehen Emissionen von 0,007 kg 1,4-DCB-eq/kg. Ebenso viele 1,4-DCB-eq werden bei der Produktion der landwirtschaftlichen Maschinen, die im Weingarten benötigt werden, und der Herstellung von Diesel emittiert.

5.2 Ergebnisse für Betrieb A

5.2.1 Treibhauspotenzial

Das GWP100 bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben in Betrieb A wird mit insgesamt 0,626 kg CO₂-eq/kg berechnet.

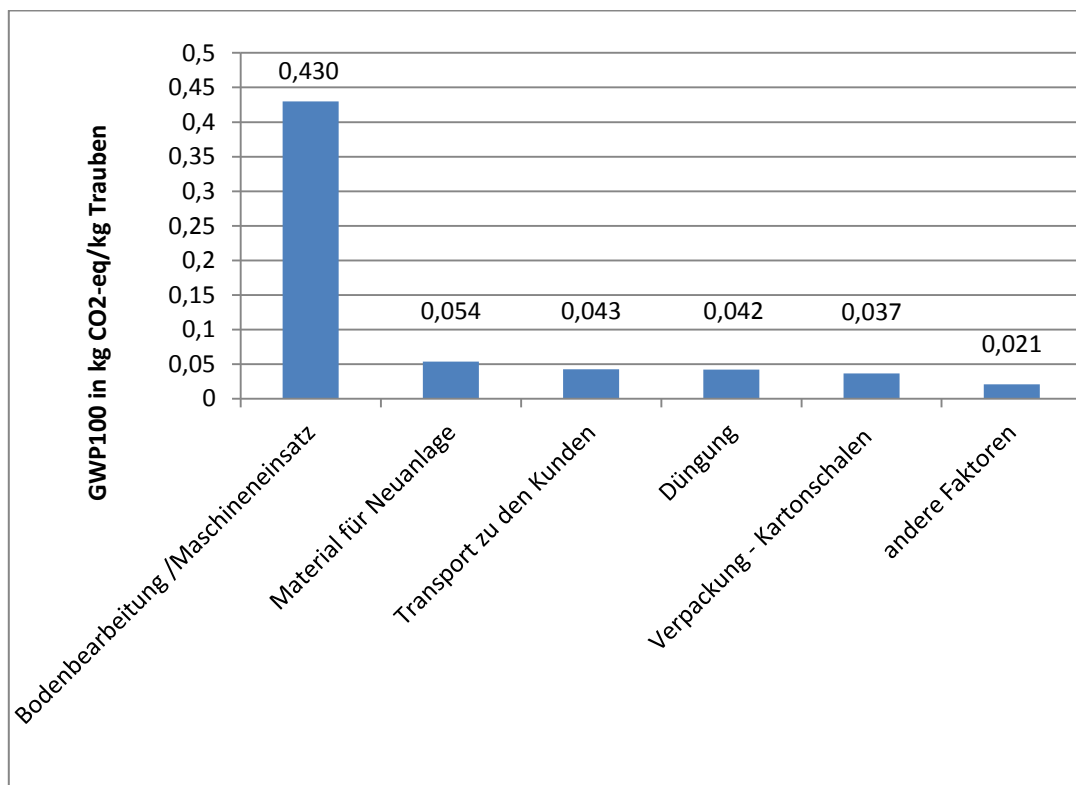


Abbildung 14: Treibhauspotenzial von Betrieb A

Den mit Abstand größten Anteil am gesamten GWP haben mit 0,43 kg CO₂-eq/kg die Bodenbearbeitung und der weitere Maschineneinsatz im Weingarten (Abbildung 14).

Diese Emissionen sind hauptsächlich auf die Treibstoffverbrennung beim Einsatz der Traktoren zurückzuführen. 0,312 CO₂-eq/kg, also fast die Hälfte des gesamten GWP100 fallen alleine auf die Emissionen aus der Dieselerbrennung bei der Verwendung des Traktors Baujahr 1965 für die Ernte. Dieses ältere Traktormodell erzeugt im Vergleich zu dem in den ecoinvent-Datensätzen verwendeten Traktor deutlich mehr Abgase bei der Treibstoffverbrennung. Emissionswerte, die für den älteren, in Betrieb A verwendeten Traktor in die Berechnung der Ökobilanz verwendet werden, finden sich in Anhang K.

Die übrigen 0,196 kg CO₂-eq/kg teilen sich zu etwa annähernd gleichen Teilen auf die Materialien für die Neuanlage des Weingartens, den Transport zu den KundInnen, die im Rahmen der Düngung anfallenden Lachgasemissionen, und die Kartonschalen zur Verpackung der Trauben auf.

Bei den Materialien der Neuanlage, die für 0,054 kg CO₂-eq/kg verantwortlich sind, fallen 69,11 % der Emissionen bei der Produktion der Metallsteher an.

Die Emissionen bezüglich des Transports zu den KundInnen, die mit 0,043 kg CO₂-eq/kg zum Treibhauspotenzial beitragen, sind mit einer großen Unsicherheit behaftet, da 60 Prozent der Trauben direkt ab Hof verkauft werden. Es konnte nur grob abgeschätzt werden, wie viele Kilometer die KundInnen mit ihren PKW zurücklegen bzw. welcher Anteil der Anfahrtswege den Tafeltrauben und nicht weiteren gekauften Produkten anzurechnen ist.

Die Verpackung der Trauben ist für 0,03653 kg CO₂-eq/kg verantwortlich, die hauptsächlich bei der Herstellung des Recyclingkartons für die Kartonschalen entstehen.

Für die Qualität dieser Beiträge gelten ähnliche Einschränkungen wie sie schon in Kapitel 5.1 beschrieben wurden.

5.2.2 Aquatische Eutrophierung

Die aquatische Eutrophierung bei der Herstellung von 1 kg Tafeltrauben wird mit insgesamt 9,03E-5 kg P-eq/kg berechnet.

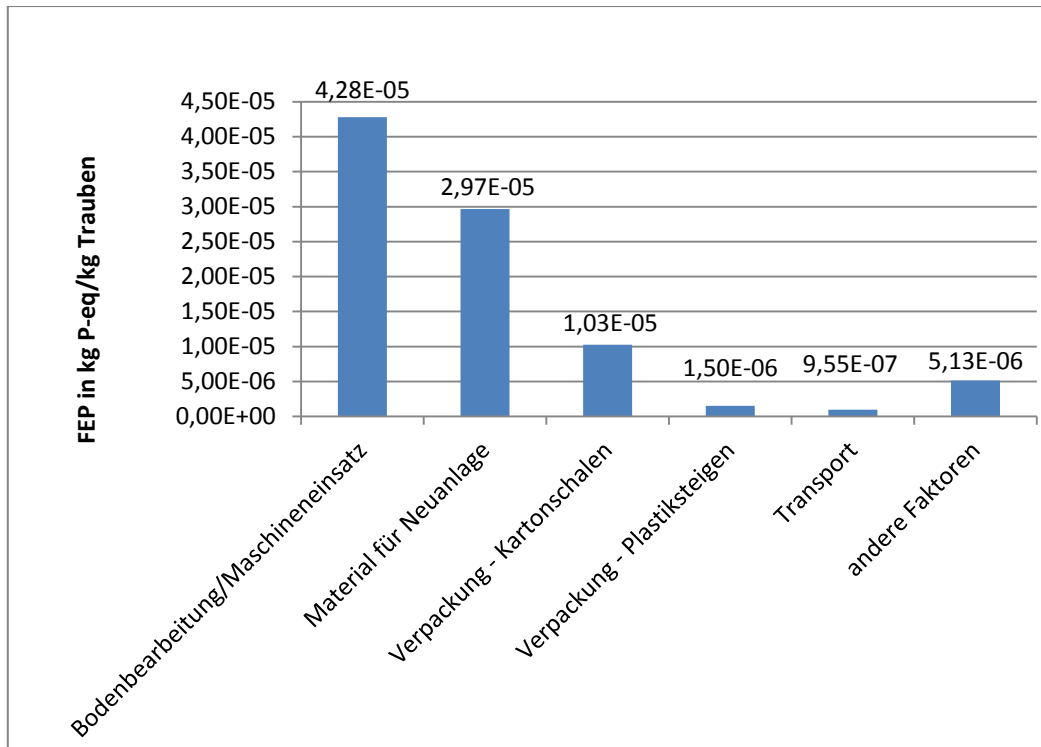


Abbildung 15: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb A

Mit $4,28E-5$ kg P-eq/kg, also etwa 47 % des Gesamt-FEPs, tragen zum größten Teil die Herstellung der Materialien für landwirtschaftliche Geräte (Kupfer- und Stahlproduktion), aber auch die Dieselproduktion, die anteilig entsprechend ihrer Einsatzdauer berechnet wurden, zum Gesamtergebnis bei.

Wie in Abbildung 15 anschaulich dargestellt ist, ist der zweitgrößte Einflussfaktor die Produktion des Materials für die Neuanlage. $2,72E-5$ kg P-eq/kg, also ca. 30 % des Gesamteutrophierungspotenzials fallen auf die Herstellung der Steher aus verzinktem Stahl im Weingarten.

Die Herstellung der Kartonschalen für die Verpackung der Trauben hat mit $1,03E-5$ kg P-eq/kg einen Anteil von etwa 11 % am gesamten aquatischen Eutrophierungspotenzial.

5.2.3 Terrestrische Ökotoxizität

Bei der Erzeugung von 1 kg Trauben entstehen geschätzte $9,37E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

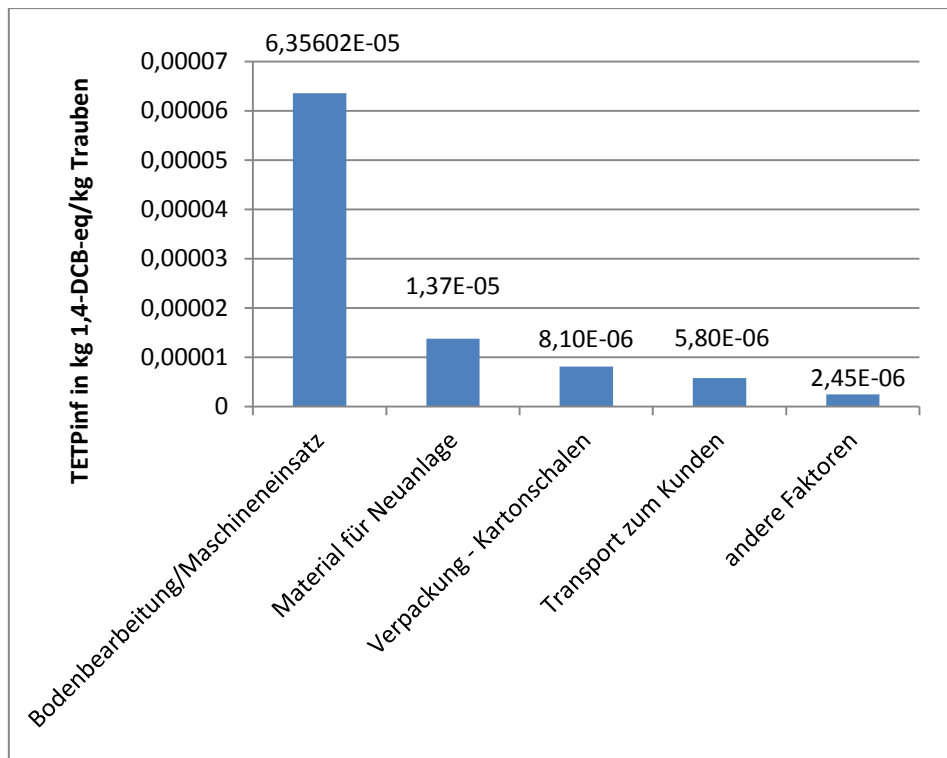


Abbildung 16: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb A

Für etwa 68 % der Emissionen sind mit $6,36E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg die Bodenbearbeitung und der weitere Maschineneinsatz verantwortlich. Dabei entstehen $4,77E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also die Hälfte des gesamten terrestrischen Ökotoxizitätspotenzials allein durch die Verwendung des Traktors Bj. 1965, im Rahmen derer $1,69E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg (18 % des Gesamtergebnisses) bei der Diesel- und Traktorherstellung emittiert werden. $3,02$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also 32,3 % des gesamten Toxizitätspotenzials stammen aus Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen während der Dieselverbrennung nur durch den Traktor Bj.1965. $1,37E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also etwa 15 % des gesamten Toxizitätspotenzials sind auf die Herstellung verschiedener Metallteile wie zum Beispiel der Steher und Drähte zurückzuführen, wovon ein Großteil dieser Emissionen der Herstellung der verzinkten Stahlsteher zuzuschreiben ist.

Weitere 9 % des Gesamtergebnisses ($8,01E-6$ kg 1,4-DCB-eq/kg) werden bei der Produktion von Karton für die Verpackung der Trauben emittiert.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen, dass $3,46E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also mehr als ein Drittel der Gesamtemissionen, eingespart werden könnten, wenn die Ernte mit einem moderneren Traktor, wie er von ecoinvent angenommen wurde,

durchgeführt werden würde. Mithilfe dieser Maßnahme würde sich ein Gesamtwert von $5,91E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg für die potenzielle terrestrische Toxizität in Betrieb A ergeben.

Da laut Rosner (2015) und Pözl (2014) eine biologische Tafeltraubenproduktion ohne Kupfer als unrealistisch angesehen wurde, wurde im Rahmen einer zweiten Sensitivitätsanalyse auch ermittelt, wie sich das TETP beim Einsatz von 1 kg Kupfer/ha/a verändern würde. Unter dieser Annahme würde das TETP von Betrieb A von den ursprünglich abgeschätzten $9,37E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg auf insgesamt $9,80E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg steigen.

5.2.4 Humantoxizität

Das Humantoxizitätspotenzial bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben wurde mit insgesamt $0,146$ kg 1,4-DCB-eq/kg errechnet.

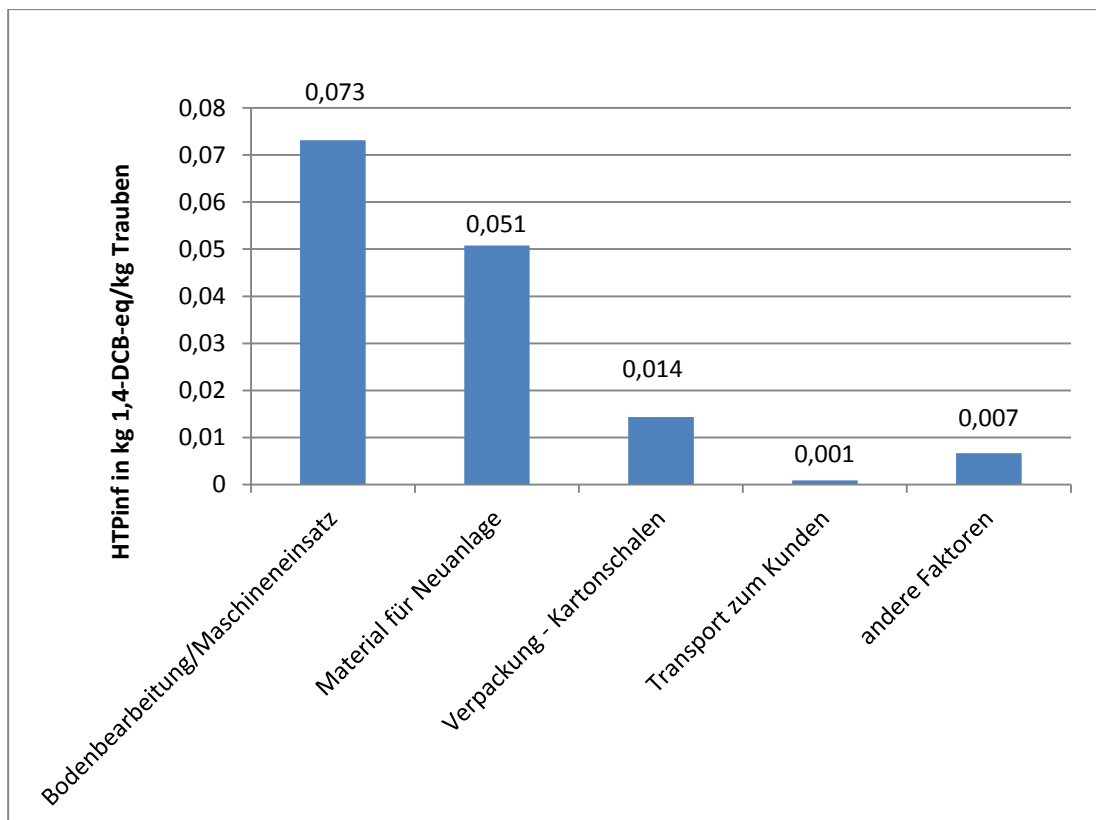


Abbildung 17: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb A

Wie auch bei der terrestrischen Ökotoxizität tragen die Produktion der landwirtschaftlichen Maschinen und des Treibstoffs, die im Rahmen der

Bodenbearbeitung und des weiteren Maschineneinsatz benötigt werden, zum größten Teil zum Humantoxizitätspotenzial bei. Von den 0,073 kg 1,4-DCB-eq/kg, die der Hälfte des Gesamtergebnisses entsprechen, entfällt mit 0,041 kg 1,4-DCB-eq/kg wiederum ein Großteil auf die Verwendung des Traktors Baujahr 1965.

Weitere 35 % (0,051 kg 1,4-DCB-eq/kg) entstehen bei der Herstellung der Metallsteher. Hier ist vor allem die Stahlerzeugung mit 0,044 kg 1,4-DCB-eq/kg (das entspricht 30 % des gesamten Humantoxizitätspotenzials) für die Emissionen verantwortlich.

10 % der Gesamtemissionen (0,014 kg 1,4-DCB-eq/kg) sind auf die Herstellung der Kartonschalen für die Verpackung der Trauben zurückzuführen.

5.3 Ergebnisse für Betrieb B

5.3.1 Treibhauspotenzial

Das GWP100 bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben in Betrieb B wird mit insgesamt 0,495 kg CO₂-eq/kg berechnet.

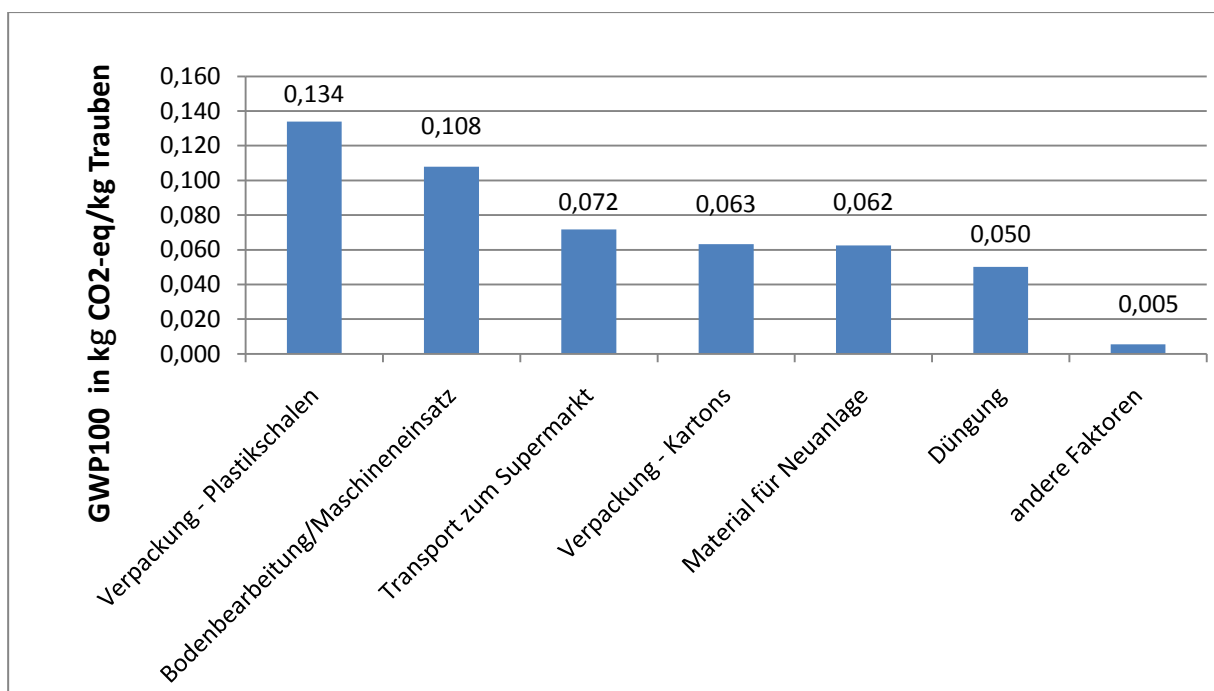


Abbildung 18: Treibhauspotenzial von Betrieb B

Mit insgesamt 0,197 kg CO₂-eq/kg ist die Verpackung für etwa 40 % des gesamten GWPs100 verantwortlich. Wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist, fallen davon 0,134 kg CO₂-eq/kg bei der Herstellung und Entsorgung der Plastikschaalen und 0,063 kg CO₂-

eq/kg bei der Herstellung der Kartons, in denen die Plastikschaalen verpackt werden, an.

Den zweitgrößten Einflussfaktor stellen mit 0,108 kg CO₂-eq/kg die Bodenbearbeitung und der weitere Maschineneinsatz im Weingarten dar. Dieser Wert entspricht 22 % des gesamten GWPs₁₀₀. Die dabei entstehenden Emissionen sind hauptsächlich auf die Treibstoffverbrennung während des Traktoreinsatzes zurückzuführen.

Mit 0,072 kg CO₂-eq/kg trägt der Transport der Trauben zum Supermarkt zu 14 % des Treibhauspotenzials von Betrieb B bei.

0,062 kg CO₂-eq/kg, also 12,63 % des Gesamtergebnisses, entstehen im Rahmen der Herstellung der Materialien für die Neuanlage des Weingartens, wobei allein 0,054 kg CO₂-eq/kg der Produktion der Metallsteher zuzurechnen ist.

Lachgasemissionen, die in Zusammenhang mit der Ausbringung der Düngung anfallen, sind für 0,05 kg CO₂-eq/kg verantwortlich.

Ein Vergleich mit den im Rahmen dieser Masterarbeit evaluierten Verpackungssysteme (siehe Tabelle 7 in Kapitel 5.5) zeigt, dass in Betrieb B 0,16 kg CO₂-eq/kg durch die Verwendung von LDPE-Beuteln eingespart werden könnten. Damit würde sich das gesamte Treibhauspotenzial des Betriebes auf 0,335 kg CO₂-eq/kg reduzieren.

5.3.2 Aquatische Eutrophierung

Die Eutrophierung bei der Herstellung von 1 kg Tafeltrauben wird mit insgesamt 1,4E-4 kg P-eq/kg berechnet.

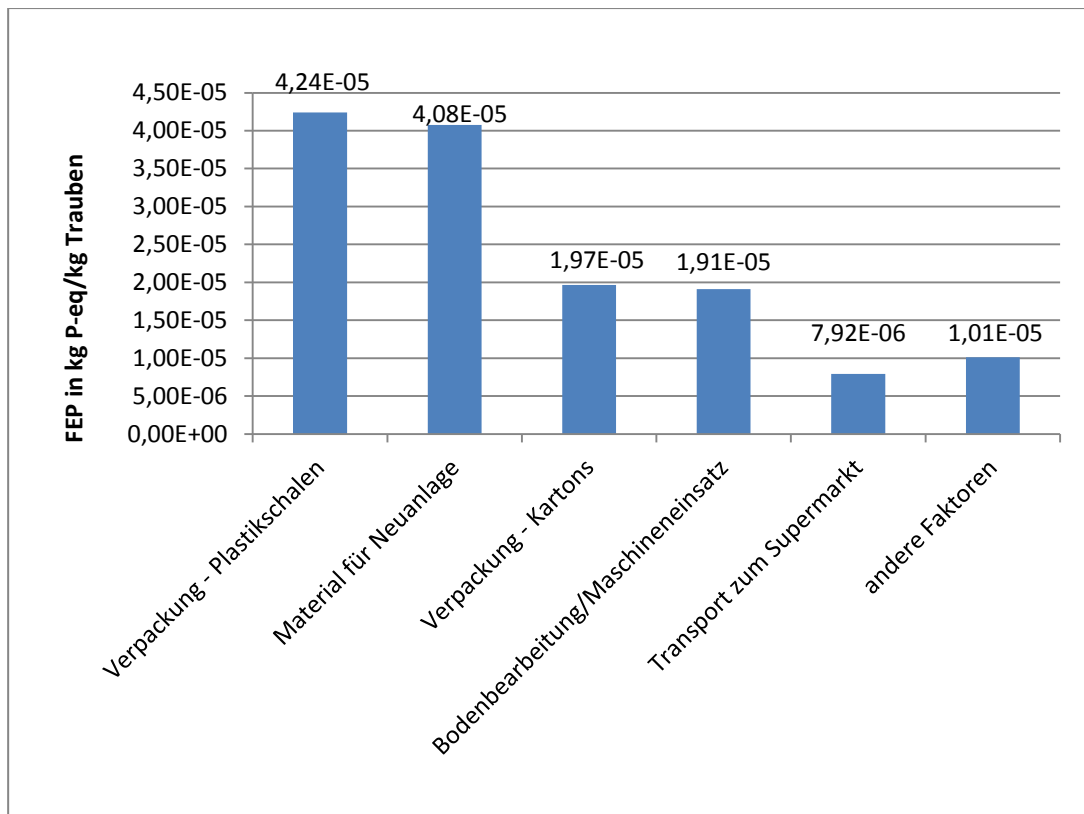


Abbildung 19: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb B

Für 40 % des Eutrophierungspotenzials ist mit $6,21E-5$ kg P-eq/kg die Verpackung der Trauben verantwortlich. Davon entsteht, wie in Abbildung 19 dargestellt ist, mit $4,24E-5$ kg P-eq/kg ein Großteil der Emissionen bei der Herstellung der Plastikschalen und weitere $1,97E-5$ kg P-eq/kg bei der Erzeugung der Kartons.

Die Herstellung der Materialien für die Neuanlage trägt zu 29 % zum gesamten Eutrophierungspotenzial bei, wobei die dabei emittierten $4,08E-5$ kg P-eq/kg fast zur Gänze auf die Produktion der Metallsteher im Weingarten zurückgehen.

Die Produktion der landwirtschaftlichen Maschinen, inklusive des Traktors, die für die Bodenbearbeitung und den weiteren Maschineneinsatz im Weingarten benötigt werden, tragen mit $1,91E-5$ kg P-eq/kg zu 14 % des gesamten Eutrophierungspotenzials bei.

Auf den Transport fallen $7,92E-6$ kg P-eq/kg, was 6 % des gesamten FEPs entspricht.

5.3.3 Terrestrische Ökotoxizität

Bei der Erzeugung von 1 kg Trauben entstehen errechnete $2,40E-4$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

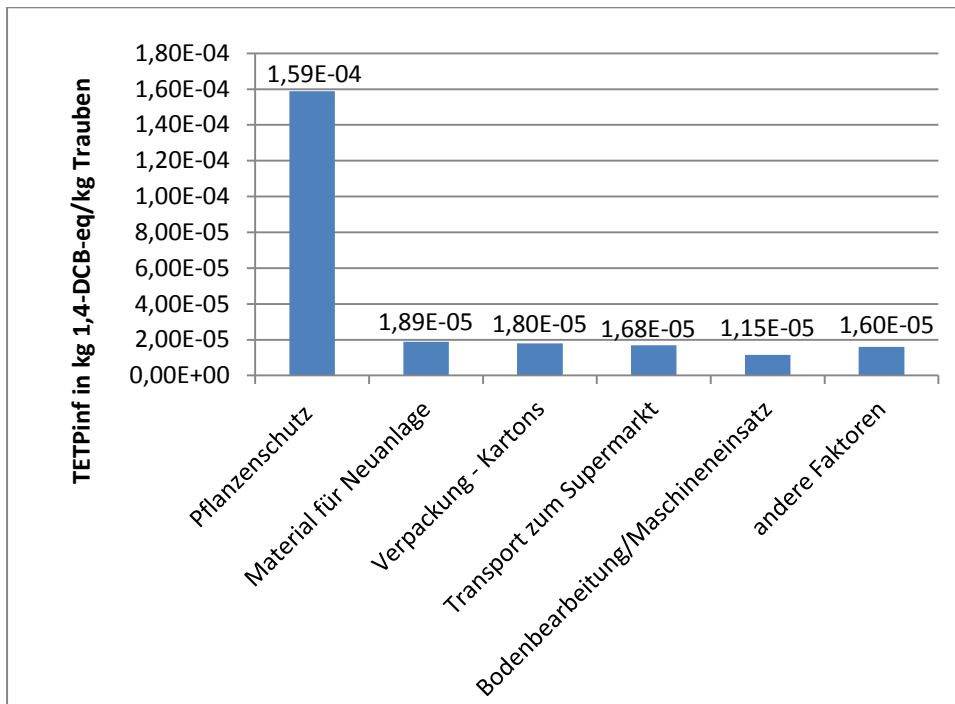


Abbildung 20: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb B

Wie Abbildung 20 verdeutlicht, hat der Pflanzenschutz mit der Emission von $1,59E-4$ kg 1,4-DCB-eq/kg mit Abstand den größten Einfluss auf das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial und ist für 66 % des gesamten TETPs verantwortlich. Grund dafür ist die Anreicherung von Kupfer im Boden.

Die Emission von $1,89E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also etwa 8 % des gesamten Toxizitätspotenzials, ist auf die Materialien in der Neuanlage zurückzuführen, wobei die meisten Emissionen bei der Herstellung der Stahlsteher im Weingarten entstehen.

Im Rahmen der Herstellung der Kartons für die Verpackung der Trauben werden $1,80E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg emittiert, was etwa 7,5 % des gesamten TETPs entspricht.

Weitere 7 % des Gesamtergebnisses ($1,68E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg) stammen aus dem Transport der Trauben zum Supermarkt.

$1,15E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also etwa 5 % des gesamten TETPs entstehen bei der Herstellung von Diesel und landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten, sowie bei

der Treibstoffverbrennung bei der Bodenbearbeitung und weiterem Maschineneinsatz im Weingarten.

5.3.4 Humantoxizität

Das Humantoxizitätspotenzial bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben wurde mit insgesamt 0,173 kg 1,4-DCB-eq/kg errechnet.

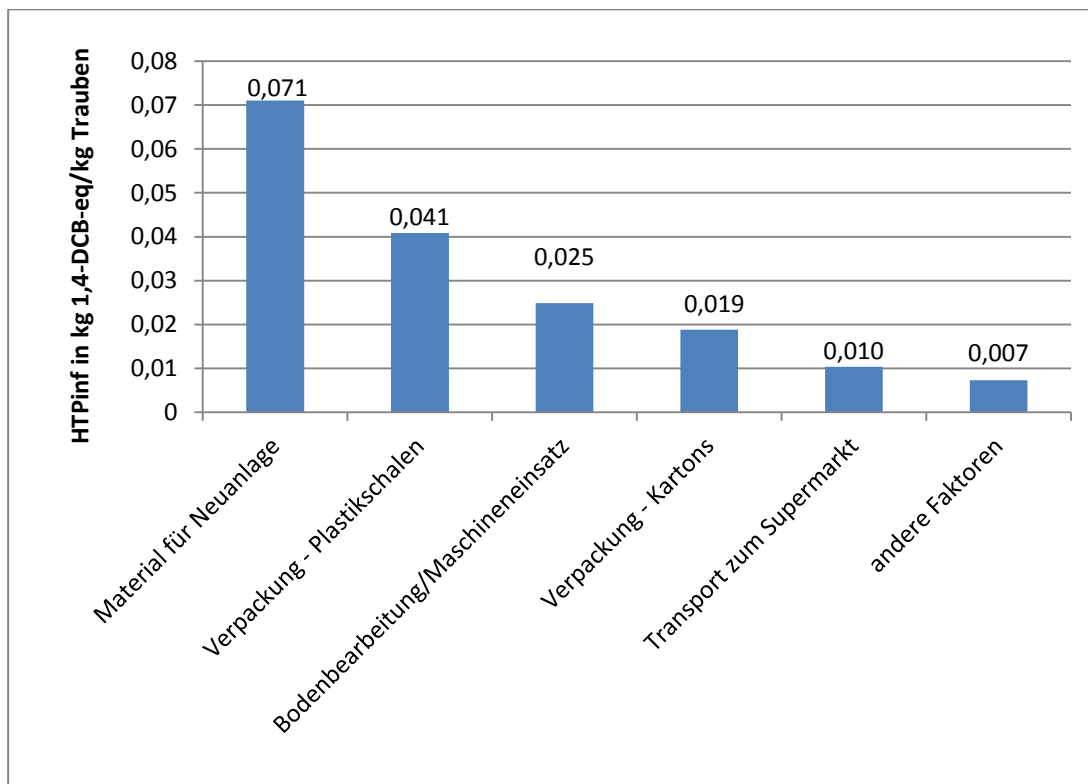


Abbildung 21: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb B

Der wichtigste Einflussfaktor ist mit der Emission von 0,071 kg 1,4-DCB-eq/kg (41 %) das Material für die Neuanlage. Bei der Produktion der Stahlsteher entstehen 40 % des gesamten Humantoxizitätspotenzials.

Auf die Verpackung der Trauben fallen 34,6 % des Gesamtergebnisses, wobei bei der Herstellung (und zu einem geringen Teil auch bei der Entsorgung) der Plastikschaalen 0,041 kg 1,4-DCB-eq/kg entstehen. Auf die Produktion des Kartons fallen 0,019 kg 1,4-DCB-eq/kg.

Die Herstellung der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte, die bei der Bodenbearbeitung und dem weiteren Maschineneinsatz im Weingarten verwendet werden, trägt mit der Emission von 0,0249 kg 1,4-DCB-eq/kg (also 14 % des Gesamtergebnisses) zu 14 % des gesamten Humantoxizitätspotenzials bei.

Der Transport zum Supermarkt ist für Emissionen von 0,01 kg 1,4-DCB-eq/kg verantwortlich.

5.4 Ergebnisse für Betrieb C

5.4.1 Treibhauspotenzial

Das GWP100 bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben in Betrieb C wird mit insgesamt 1,05 kg CO₂-eq/kg abgeschätzt.

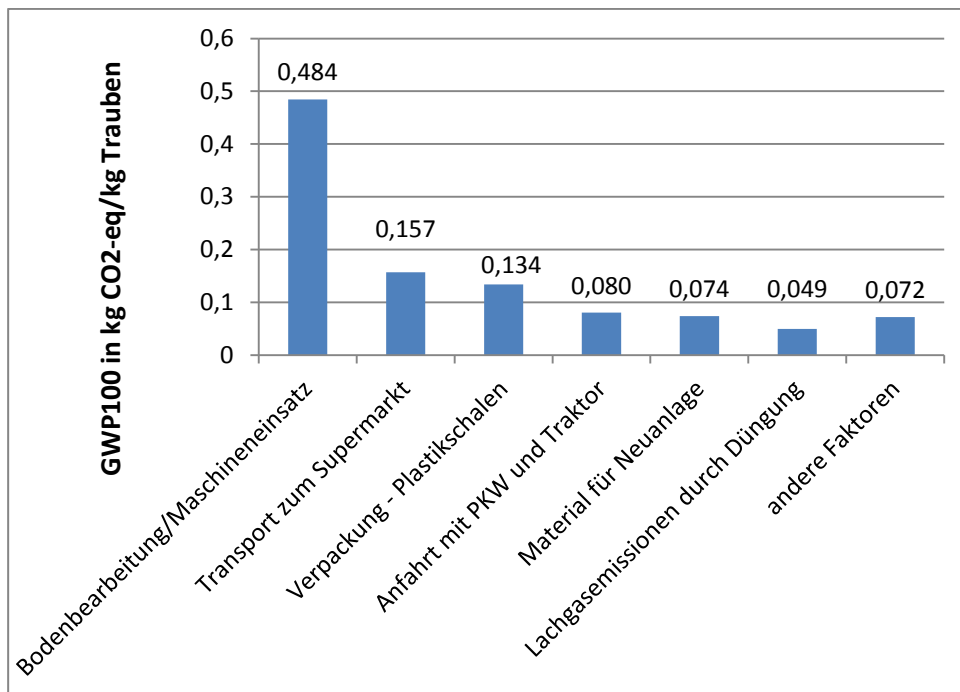


Abbildung 22: Treibhauspotenzial von Betrieb C

Wie Abbildung 22 veranschaulicht, haben mit der Emission von 0,484 kg CO₂-eq/kg die Bodenbearbeitung und der weitere Maschineneinsatz im Weingarten den mit Abstand größten Anteil am gesamten Treibhauspotenzial. Diese Emissionen sind hauptsächlich auf die Treibstoffverbrennung beim Einsatz der Traktoren zurückzuführen. 0,42 kg CO₂-eq/kg, also 40 % des gesamten GWPs fallen alleine auf die Emissionen aus der Dieserverbrennung bei der Verwendung des Traktors Bj. 1987. Dieses ältere Traktormodell erzeugt im Vergleich zu dem in den ecoinvent verwendeten Traktor deutlich mehr Abgase bei der Treibstoffverbrennung. Emissionswerte, die für den älteren, in Betrieb C verwendeten Traktor in die Berechnung der Ökobilanz verwendet werden, finden sich in Anhang K.

Den zweitgrößten Einfluss auf das GWP hat der Transport der Trauben zum Supermarkt, der mit der Emission von 0,157 kg CO₂-eq/kg zu 15 % des Treibhauspotenzials beiträgt.

Die Verpackung der Trauben ist für den Ausstoß von 0,135 kg CO₂-eq/kg (13 % des gesamten GWPs) verantwortlich. Diese Emissionen entstehen hauptsächlich bei der Herstellung und Entsorgung der Plastikschenen.

Auf die Anfahrt mit dem PKW oder dem Traktor zum Weingarten fallen 0,08 kg CO₂-eq/kg. Die Materialien in der Neuanlage, vor allem die Steherproduktion, tragen mit Emissionen von 0,074 kg CO₂-eq/kg zu 7 % des Treibhauspotenzials bei.

Im Rahmen der biologischen Düngung werden Lachgasemissionen in der Höhe von 0,49 kg CO₂-eq/kg abgeschätzt.

5.4.2 Aquatisches Eutrophierungspotenzial

Die aquatische Eutrophierung bei der Herstellung von 1 kg Tafeltrauben wird mit insgesamt 1,80E-4 kg P-eq/kg abgeschätzt.

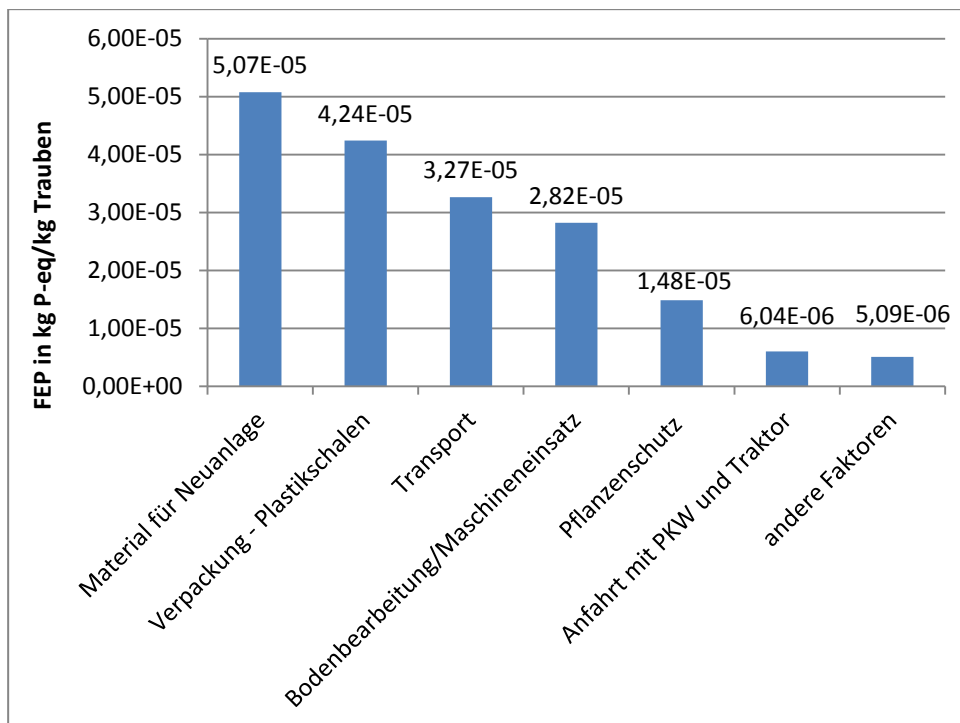


Abbildung 23: Aquatisches Eutrophierungspotenzial von Betrieb C

Das Material für die Neuanlage, bei dessen Herstellung 5,07E-5 kg P-eq/kg entstehen, hat mit 27,4 % des Gesamtergebnisses den größten Einfluss auf das gesamte aquatische Eutrophierungspotenzial, wobei der bei weitem überwiegende Teil auf die Erzeugung der Metallsteher fällt.

Wie in Abbildung 23 dargestellt ist, ist der zweitgrößte Einflussfaktor die Verpackung der Trauben. 23 % der Gesamtemissionen in Betrieb C, also $4,24E-5$ kg P-eq/kg entstehen bei der Herstellung der Plastikschenen.

Der Transport ist für die Emission von $3,27E-5$ kg P-eq/kg (18 % des gesamten FEPs) verantwortlich.

$2,82E-5$ kg P-eq/kg, was 16 % des FEPs entspricht, tragen die Herstellung der landwirtschaftlichen Geräte und die Dieselproduktion, die jeweils anteilig entsprechend ihrer Einsatzdauer berechnet wurden, zum Gesamtergebnis bei.

Bei der Herstellung von Kupfer, das zu Pflanzenschutzwecken verwendet wird, entstehen geschätzte $1,48E-5$ kg P-eq/kg, was einem Anteil von 8 % am gesamten aquatischen Eutrophierungspotenzial entspricht.

5.4.3 Terrestrische Ökotoxizität

Bei der Erzeugung von 1 kg Trauben in Betrieb C entstehen errechnete $1,76E-3$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

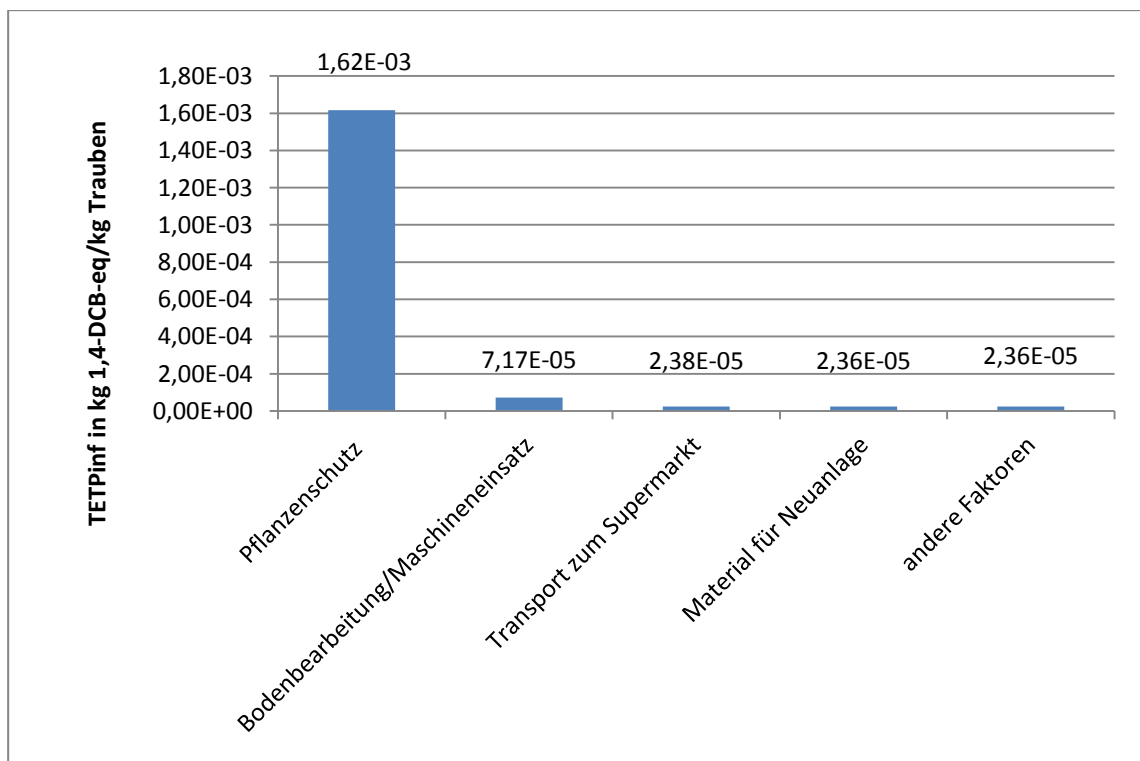


Abbildung 24: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial von Betrieb C

Wie in Abbildung 24 deutlich erkennbar ist, hat der Pflanzenschutz mit Abstand den größten Einfluss auf das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial und ist mit der Emission

von $1,62E-3$ kg 1,4-DCB-eq/kg für 92 % des gesamten TETPs in Betrieb C verantwortlich. Grund dafür ist die Anreicherung von Kupfer im Boden.

$7,17E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg, also etwa 4 % des gesamten TETPs entstehen bei der Herstellung von Diesel und landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten, sowie bei der Treibstoffverbrennung im Rahmen der Bodenbearbeitung und weiterem Maschineneinsatz im Weingarten.

Der Transport trägt mit $2,38E-5$ kg 1,4-DCB-eq/kg zum terrestrischen Ökotoxizitätspotenzial bei und auf die Materialien für die Neuanlage fallen $2,36E-5$ 1,4-DCB-eq/kg, wobei wie auch in den anderen Betrieben die Emissionen auf die Herstellung der Stahlsteher im Weingarten zurückzuführen sind.

5.4.4 Humantoxizität

Das Humantoxizitätspotenzial wurde bei der Produktion von 1 kg Tafeltrauben mit insgesamt $0,283$ kg 1,4-DCB-eq/kg errechnet.

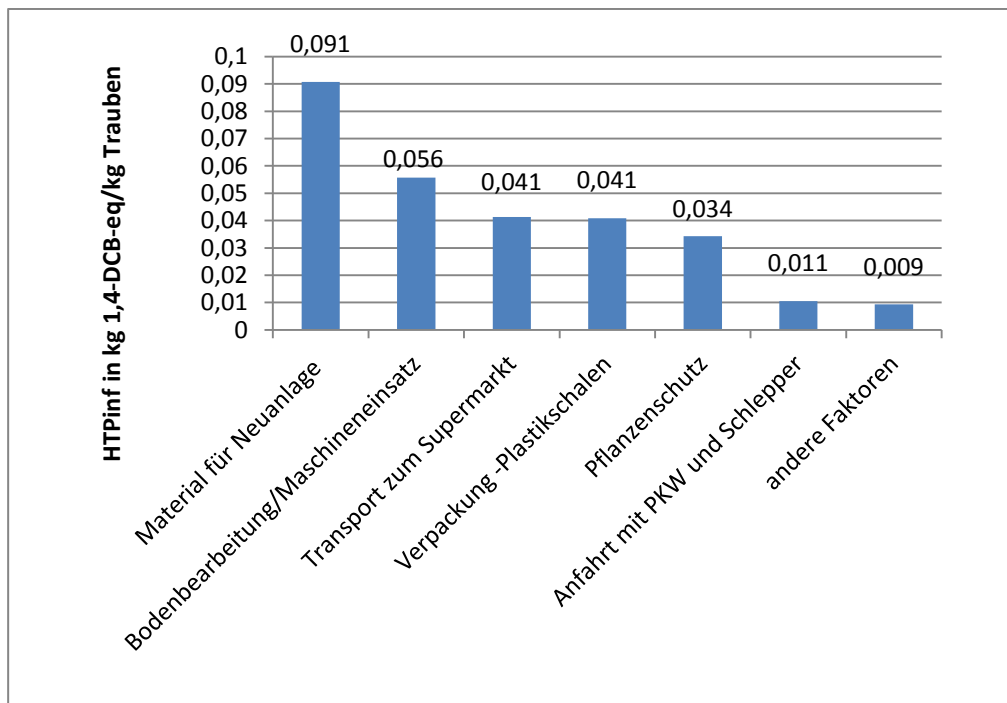


Abbildung 25: Humantoxizitätspotenzial von Betrieb C

Der wichtigste Einflussfaktor ist hierbei mit der Emission von $0,091$ kg 1,4-DCB-eq/kg das Material für die Neuanlage (Abbildung 21), die fast zur Gänze der Produktion der Steher aus verzinktem Stahl zuzurechnen ist. Dieser Bereich macht 32 % des Gesamtergebnisses aus.

Die Herstellung der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte, die bei der Bodenbearbeitung und dem weiteren Maschineneinsatz im Weingarten verwendet werden, und die Emissionen aus der Dieselerbrennung des Traktors tragen mit der Emission von 0,056 kg 1,4-DCB-eq/kg zu 20 % des gesamten Humantoxizitätspotenzials bei.

Der Transport zum Supermarkt ist für Emissionen von 0,041 kg 1,4-DCB-eq/kg verantwortlich und somit die drittgrößte Einflussgröße hinsichtlich des HTPs in Betrieb C.

Auf die Verpackung der Trauben fallen 14 % des Gesamtergebnisses, wobei bei der Herstellung (und zu einem geringen Teil auch bei der Entsorgung) der Plastikschalen 0,041 kg 1,4-DCB-eq/kg entstehen.

Die Gewinnung bzw. Herstellung des Kupfers zu Pflanzenschutz Zwecken verursacht den Ausstoß von 0,034 kg 1,4-DCB-eq/kg.

5.5 Vergleichende Analyse und Diskussion der Ergebnisse der vier Betriebe

5.5.1 Treibhauspotenzial

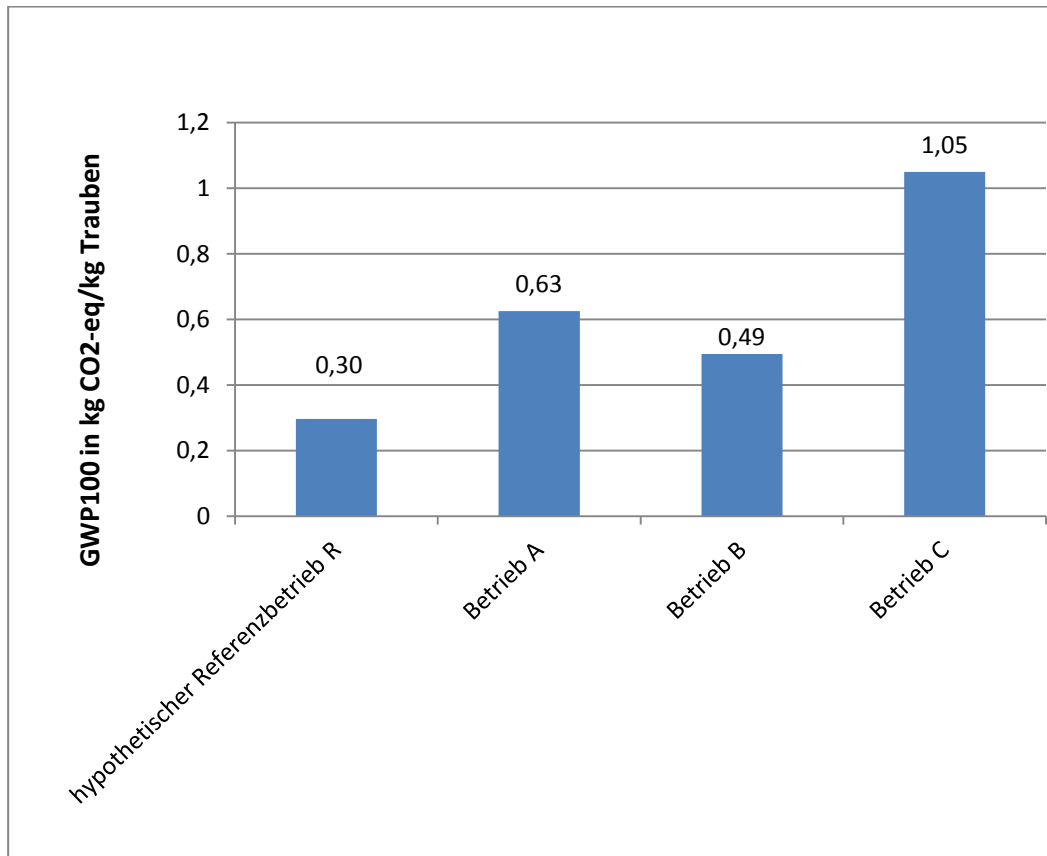


Abbildung 26: Treibhauspotenzial der vier untersuchten Betriebe

Wie in Abbildung 26 dargestellt ist, scheint das Treibhauspotenzial im hypothetischen Referenzbetrieb R, dem einzigen konventionellen Betrieb, mit 0,3 kg CO₂-eq/kg im Vergleich zu den anderen Betrieben am kleinsten zu sein. Das ist zum Einen dadurch zu erklären, dass in den Betrieben A und C ältere Traktoren eingesetzt werden, als es beim hypothetischen Referenzbetrieb R angenommen wurde und es in Betrieb B der Fall ist. Die Emissionen an CO₂-eq/kg, die aus dem Traktoreinsatz stammen, sind in den Betrieben A und C mit 0,43 und 0,484 kg CO₂-eq/kg mehr als zehnmals höher, als im hypothetischen Referenzbetrieb R. Außerdem wird im hypothetischen Referenzbetrieb R von einem etwa doppelt so hohen Ertrag pro ha ausgegangen, wie bei den anderen drei Betrieben und dementsprechend fällt auf 1 kg Trauben nur die Hälfte aller flächenbezogenen Emissionen.

Ein weiterer Grund für das niedrigere GWP des hypothetischen Referenzbetriebs R ist der geringere Maschineneinsatz im Weingarten, da mineralisch gedüngt wird und somit weniger Arbeitseinsätze des Traktors im Rahmen der Gründüngung nötig sind. Ardente et al. (2006, S.361), die ein konventionell bewirtschaftetes Weingut in Sizilien untersuchten, errechneten in ihrer Fallstudie, dass pro Kilogramm geernteter Trauben umgerechnet 0,135 kg CO₂-Emissionen/kg entstehen.

In Betrieb B, einem Biobetrieb, trägt der Maschineneinsatz hingegen nur 0,108 kg CO₂-eq/kg zum Gesamtergebnis bei. Dafür zeigt sich in diesem Betrieb, dass das Verpackungssystem mit Plastikschaalen, die dann noch in Einweg-Kartons verpackt werden im Vergleich zu anderen Verpackungssystemen große Auswirkungen auf das GWP hat.

Wie in Tabelle 7 zu sehen ist, fallen bei einer Verpackung in Plastikschaalen fünfmal mehr CO₂-eq an, als bei den anderen beiden Verpackungssystemen (Kartonschaalen und LDPE-Beutel). Die Verpackung in Kartonschaalen weist das geringste GWP auf.

Tabelle 7: Vergleich des Treibhauspotenzials der untersuchten Verpackungssysteme

Verpackungssystem	kg CO₂-eq/kg Trauben	Verwendet in
Kartonschaalen	0,037	Betrieb A
LDPE-Beutel	0,046	hypothetischem Referenzbetrieb R
Plastikschaalen	0,134	Betrieb B und Betrieb C
Einweg-Kartons, die je 5 kg Trauben fassen	0,063	Betrieb B

Es sei an dieser Stelle jedoch erwähnt, dass der Betriebsleiter von Betrieb B angegeben hat, dass das Verpackungssystem von der zu beliefernden Supermarktkette vorgeschrieben wird und nicht selbst bestimmt werden darf.

Um einen Vergleich der hier berechneten Treibhauspotenziale mit den Ergebnissen aus der Literatur anstellen zu können, wurden in Tabelle 8 die Ergebnisse aus den bereits in Kapitel 2.1 beschriebenen Ökobilanz-Studien für Wein zusammengefasst dargestellt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass für die Herstellung von 0,75 l Wein 1,1 kg Trauben benötigt werden (Vazquez-Rowe et al. 2012, S.94f). Tabelle 9

zeigt zur besseren Vergleichbarkeit die Treibhauspotenziale der vier im Rahmen dieser Masterarbeit untersuchten Betriebe, wobei der Transport ausgenommen wurde. Ein Vergleich der Ergebnisse der Literatur mit jenen dieser Masterarbeit zeigt, dass die abgeschätzten Treibhauspotenziale durchwegs im Bereich der Literaturergebnisse liegen.

Tabelle 8: Vergleichende Darstellung der Treibhauspotenziale aus der Literatur

Kilogramm CO₂-eq pro in der jeweiligen Studie verwendeten funktionellen Einheit	Kilogramm CO₂-eq umgerechnet auf 1 kg Trauben	Quelle
0,34 +/- 0,13/kg Trauben	0,34 +/- 0,13	Soja et al. 2010, S.3
0,12 bis 0,35/0,75 l Wein	0,11 bis 0,32	Bosco et al. 2011, S.98f
0,708/0,75 l Wein	0,644	Benedetto 2013, S.39
0,503/0,75 l Wein	0,457	Gazulla et al. 2010, S.337
0,4627/0,75 l Wein +/- 0,1995 (Standardabweichung)	0,4206	Vazquez-Rowe et al. 2012, S.95
2/0,75 l Wein	1,82	Neto et al. 2012
0,803/0,75 l Wein	0,73	Point et al. 2012, S.16

Tabelle 9: Vergleichende Darstellung des Treibhauspotenzials von Tafeltrauben aus den vier untersuchten Betrieben

GWP in kg CO₂-eq inklusive Transport	GWP in kg CO₂-eq exklusive Transport	untersuchter Betrieb
0,296	0,239	Hypothetischer Referenzbetrieb R
0,626	0,583	Betrieb A
0,495	0,423	Betrieb B
1,05	0,893	Betrieb C

5.5.2 Aquatisches Eutrophierungspotenzial

Wie in

Abbildung 27 veranschaulicht ist, schwankt das FEP in den vier untersuchten Betrieben zwischen $9,03\text{E-}5$ kg P-eq/kg und $1,80\text{E-}4$ kg P-eq/kg. In allen Betrieben ist einer der beiden größten Einflussfaktoren die Herstellung der verzinkten Metallsteher.

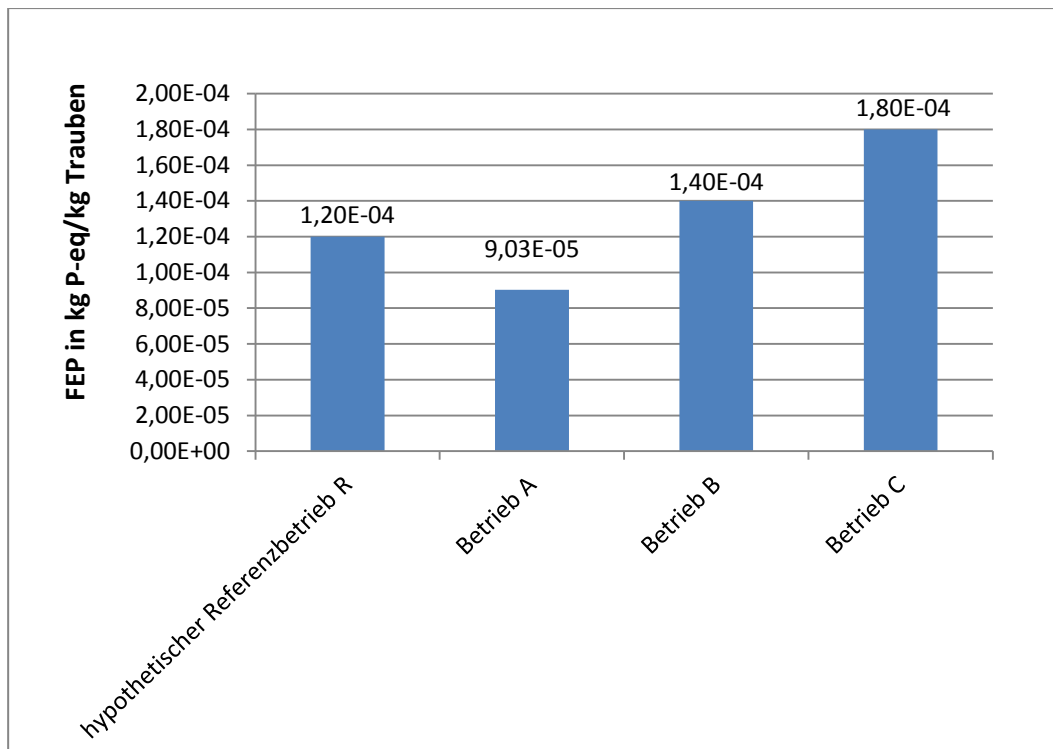


Abbildung 27: Aquatisches Eutrophierungspotenzial der vier untersuchten Betriebe

Auch die Verpackung hat in fast allen Betrieben wesentlichen Einfluss auf das Eutrophierungspotenzial. In Tabelle 10 sind die unterschiedlichen Verpackungssysteme hinsichtlich ihres FEPs dargestellt. Eindeutig am besten schneidet hierbei der LDPE-Beutel ab. Die Emissionen an P-eq sind bei der Herstellung der Plastikschaalen rund viermal so hoch wie jene, die bei der Produktion von Kartonschaalen entstehen.

Tabelle 10: Vergleich des aquatischen Eutrophierungspotenzials (FEP) der untersuchten Verpackungssysteme

Verpackungssystem	kg P-eq/kg Trauben	Verwendet in
Kartonschalen	1,03E-5	Betrieb A
Plastikschalen	4,24E-5	Betrieb B und Betrieb C
Einweg-Kartons, die je 5 kg Trauben fassen	1,97E-5	Betrieb B
LDPE-Beutel	3,20E-6	Hypothetischer Referenzbetrieb R

Bei hohem Maschineneinsatz spielt auch die Herstellung des Traktors und der landwirtschaftlichen Geräte eine wichtige Rolle für die aquatische Eutrophierung. Die Herstellung der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte wurde zwar anteilig auf die jeweilige Stundenanzahl, die sie im Einsatz waren, berechnet, sie ist jedoch zum Beispiel in Betrieb A für ca. 3,50E-5 kg P-eq/kg, also etwa 40 % des Gesamtergebnisses des FEPs des Betriebes verantwortlich.

Um den Vergleich der abgeschätzten aquatischen Eutrophierungspotenziale mit den Ergebnissen aus der Literatur zu vereinfachen, wurden in Tabelle 11 die Ergebnisse aus den bereits in Kapitel 2.1 beschriebenen Ökobilanz-Studien für Wein zusammengefasst dargestellt und auf die funktionelle Einheit von 1 kg Trauben, die bei der Berechnung der Ökobilanzen in dieser Masterarbeit verwendet wurde, umgerechnet. Für die Umrechnung wurde davon ausgegangen, dass für die Herstellung von 0,75 l Wein 1,1 kg Trauben benötigt werden (Vazquez-Rowe et al.2012, S.94f).

Da in den im Rahmen dieser Masterarbeit erstellten Ökobilanzen das aquatische Eutrophierungspotenzial in P-eq berechnet wurde, in den Literaturquellen aber alle Ergebnisse auf PO₄-eq bezogen sind, wurden in Tabelle 12 die Ergebnisse der vier untersuchten Betriebe in PO₄-eq umgerechnet.

Tabelle 11: Vergleichende Darstellung des Eutrophierungspotenzials aus der Literatur

Kilogramm PO ₄ -eq pro 0,75 l Wein (entspricht 1,1 kg Trauben)	Kilogramm PO ₄ -eq umgerechnet auf 1 kg Trauben	Hauptanteile oder Bemerkungen	Quelle
5,41E-3	4,92E-3	Treibstoff für den Traktor: 3,47E-4 kg PO ₄ -eq	Point et al. 2012, S. 16
1,48E-3 +/- 1,28E-3	1,35E-3 +/- 1,16E-3		Vazquez-Rowe et al. 2012, S.99
3,05E-2	2,77E-2		Gazulla et al. 2010, S.334
9,84E-4	8,95E-4	Hauptsächlich aufgrund des Diesels	Benedetto 2013, S.39
7,30E-3	6,64E-3		Neto et al. 2012

Tabelle 12: Eutrophierungspotenziale von Tafeltrauben aus den vier untersuchten Betrieben

Kilogramm P-eq pro kg Trauben	Kilogramm PO ₄ -eq pro kg Trauben	Betrieb/Modell
1,20E-4	3,67E-4	Hypothetischer Referenzbetrieb R
9,03E-4	2,77E-3	Betrieb A
1,40E-4	4,29E-4	Betrieb B
1,80E-3	5,52E-3	Betrieb C

Die Ergebnisse der Ökobilanz-Studien zu Wein reichen von 2,77E-2 bis 8,95E-4 kg PO₄-eq pro kg Trauben, die Ergebnisse der im Rahmen dieser Masterarbeit erstellten Ökobilanzen liegen in diesem Bereich bzw. leicht darunter. Dass es große Schwankungsbreiten zwischen den einzelnen untersuchten Betrieben gibt, stellen bereits Vazquez-Rowe et al. (2012, S.97) in ihrer Studie fest.

Alle in Tabelle 11 angeführten Studien führen als einen der Haupteinflussfaktoren die Düngemittelausbringung an. Zu diesem Ergebnis kommen die vier in dieser

Masterarbeit erstellten Ökobilanzen jedoch nicht. In den Betrieben A, B und C, in denen biologisch mittels Gründüngung gedüngt wird, hat dieser Faktor keinen nennenswerten Einfluss auf das aquatische Eutrophierungspotenzial. Nur im hypothetischen Referenzbetrieb R, dem die Verwendung mineralischer Düngemittel unterstellt wurde, ist die Düngung für 30 % des gesamten FEPs verantwortlich, wobei ein Großteil bei der Herstellung der Düngemittel entsteht.

Einzig in der Studie von Benedetto (2013, S.39) hat der Treibstoff und nicht die Düngung den größten Einfluss auf das Eutrophierungspotenzial. Auch dieser Punkt zeigt keine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der in dieser Masterarbeit erstellten Ökobilanzen.

5.5.3 Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial

Beim terrestrischen Ökotoxizitätspotenzial führten die Ökobilanzen zu sehr großen Unterschieden zwischen den einzelnen Betrieben. Die Ergebnisse reichen von Emissionen von $9,37\text{E-}5$ kg 1,4-DCB-eq/kg bis hin zu $1,76\text{E-}3$ kg 1,4-DCB-eq/kg.

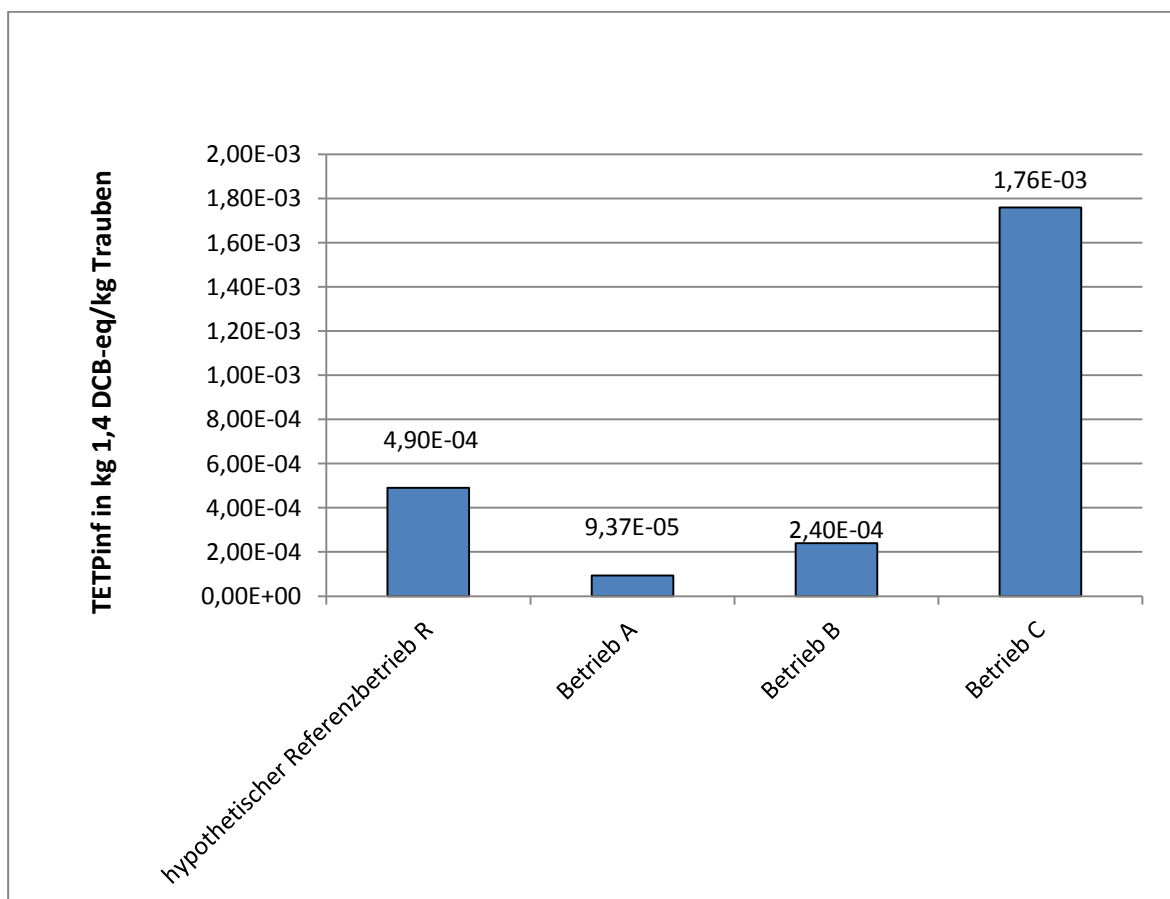


Abbildung 28: Terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial der vier untersuchten Betriebe

Bei der Betrachtung von Abbildung 28 fällt auf, dass das TETP von Betrieb C fast um das 20-fache größer ist, als jenes von Betrieb A. In den im Rahmen dieser Masterarbeit erstellten Ökobilanzen ist der Grund dafür einfach zu erklären. Das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial ist bei drei der vier untersuchten Betriebe zum Großteil der Anwendung von Kupfer, das als Pflanzenschutzmittel im biologischen Tafeltraubenanbau verwendet wird und sich im Boden anreichert, zuzurechnen. In Relation zum Ertrag wurde laut Datenerfassungsblatt von Betrieb C mit 2 kg Kupfer/ha/a am meisten Kupfer pro kg geernteter Trauben ausgebracht. Da ein linearer Zusammenhang zwischen der ausgebrachten Menge an Kupfer und den Emissionen an 1,4-DCB-eq besteht, weist Betrieb C in diesem Fall logischerweise im Vergleich das größte und Betrieb A, in dem kein Kupfer ausgebracht wurde, das kleinste TETP auf. Pölz (2014) und Rosner (2015) sehen jedoch einen gewinnbringenden, biologischen Tafeltraubenanbau ohne den Einsatz von Kupfer, wie es bei Betrieb A der Fall ist, als äußerst unrealistisch an. Laut Pölz (2014) dürfen pro Hektar und Jahr normalerweise per Gesetz maximal 3 kg Kupfer eingesetzt werden. Aufgrund der Wetterverhältnisse in den letzten 15 Jahren wurde die erlaubte Höchstmenge mitunter sogar auf 8 kg/ha/a erweitert. Die ausgebrachte Menge in Betrieb C liegt also deutlich unter den gesetzlichen Höchstgrenzen und die von Betrieb B verwendeten 0,174 kg Kupfer/ha/a sind demnach als sehr niedrig einzuschätzen. Für den hypothetischen Referenzbetrieb R wurde basierend auf Redl (2013) von der Ausbringung von 1 kg Kupfer/ha/a ausgegangen.

Von den in Kapitel 2.1 beschriebenen Ökobilanz-Studien zu Wein wurden nur in den Arbeiten von Neto et al. (2012) und Point et al. (2012) das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial erfasst. Neto et al. (2012) errechneten für das TETP auf 100 Jahre Emissionen von $6,18E-4$ kg 1,4-DCB-eq pro kg Trauben, die hauptsächlich auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Herstellung von Düngemitteln zurückzuführen sind. Point et al. (2012, S.16) schätzten das TETP mit Emissionen von $2,88E-3$ kg 1,4-DCB-eq pro kg Trauben ab, die hauptsächlich einerseits bei der Herstellung der Unterstützungsvorrichtungen, also der Steher und Drähte, und andererseits im Rahmen des Nährstoffmanagements entstehen.

5.5.4 Humantoxizitätspotenzial

Die Ergebnisse für das HTP reichen in den vier untersuchten Betrieben von 0,13 bis 0,28 kg 1,4-DCB-eq/kg.

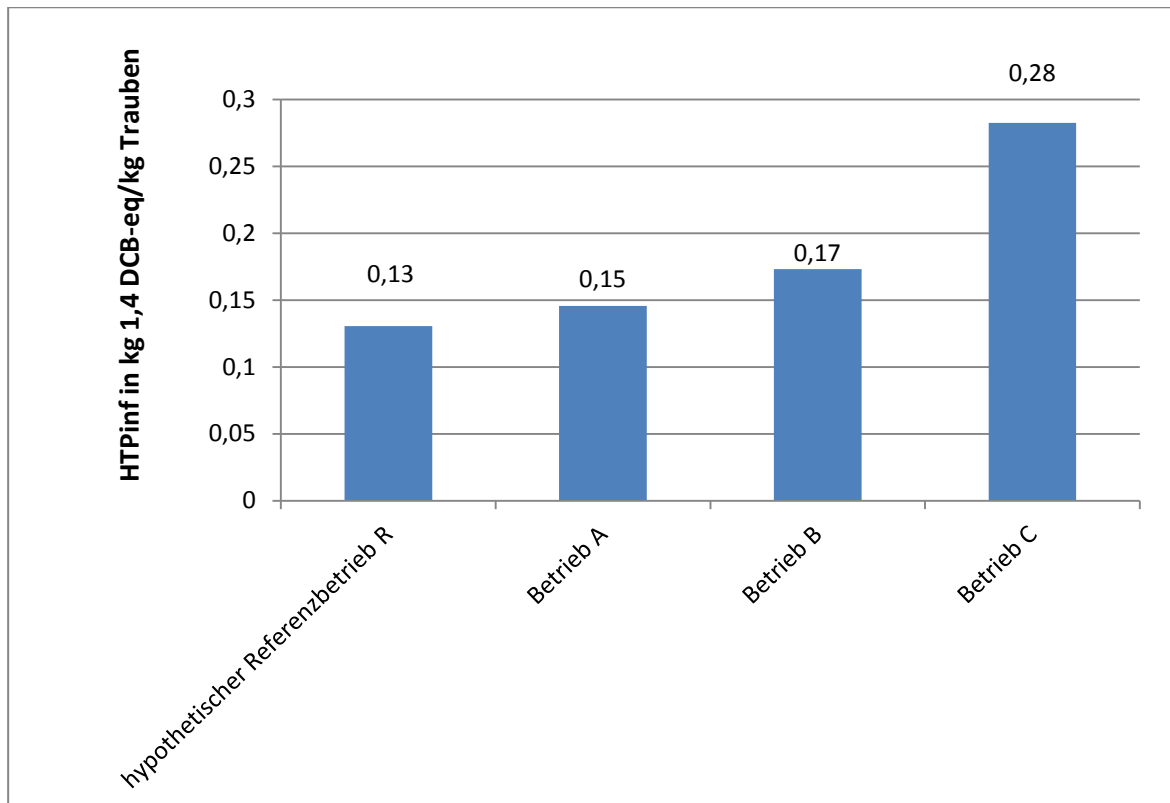


Abbildung 29: Humantoxizitätspotenzial der vier untersuchten Betriebe

Ein Großteil des Humantoxizitätspotenzials wird beim hypothetischen Referenzbetrieb R und bei den Betrieben B und C hauptsächlich bei der Herstellung der verzinkten Metallsteher in der Neuanlage verursacht und das ist auch in Betrieb A der zweitgrößte Einflussfaktor für das HTP. Wie bereits in den Beschreibungen der Ergebnisse der einzelnen Betriebe erwähnt, wurden für die Herstellung der Steher Daten aus der ecoinvent-Datenbank herangezogen, die sich auf Herstellerfirmen aus ganz Europa beziehen. Daher sind diese Werte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet und mögen bei genauerer Untersuchung der Produktionsfirmen, die tatsächlich an der Herstellung der Steher beteiligt waren, andere Ergebnisse liefern.

In Betrieb A hatte die Herstellung der landwirtschaftlichen Geräte und der Traktoren den größten Einfluss auf das Gesamtergebnis, was durch den im Vergleich zu den anderen Betrieben relativ hohen Maschineneinsatz zu erklären ist.

Von den in Kapitel 2.1 beschriebenen Studien zu Wein wurde nur in der Ökobilanz von Neto et al. (2012) das Humantoxizitätspotenzial untersucht und mit 0,2 kg 1,4-DCB-eq pro 0,75 l Wein, was 0,182 kg 1,4-DCB-eq pro kg Trauben entspricht, abgeschätzt. Dieser Wert ist im Bereich der Ergebnisse dieser Masterarbeit, die zwischen 0,13 kg 1,4-DCB-eq/kg und 0,28 kg 1,4-DCB-eq/kg liegen. Es sind jedoch die Haupteinflussfaktoren sehr unterschiedlich. In den vier in dieser Masterarbeit untersuchten Betrieben ist hauptsächlich die Herstellung der Metallsteher und der landwirtschaftlichen Geräte für das HTP verantwortlich. In der Ökobilanz von Neto et al. (2012) sind die Haupteinflussfaktoren die Emissionen, die im Rahmen der Produktion von Düngemitteln, Strom, Diesel und Pflanzenschutzmitteln entstehen.

Für alle vier Wirkungskategorien zeigt Betrieb C, der von den vier untersuchten Betrieben auf der kleinsten Fläche Tafeltraubenanbau betreibt, die höchsten Emissionswerte auf. Vazquez-Rowe et al. (2012, S.98) kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass in Betrieben mit geringeren Gesamterträgen, also kleineren Betrieben, relativ gesehen größere Umweltauswirkungen entstehen, als in Betrieben die insgesamt mehr Trauben produzieren. Rosner (2015) weist jedoch darauf hin, dass kleinere Betriebe schneller und unkomplizierter auf neue Situationen reagieren können, als größere Betriebe und dahingehend im Vorteil sind.

5.6 Unsicherheitsbetrachtung

Die Daten, die zur Berechnung der Ökobilanzen in dieser Masterarbeit verwendet wurden, basieren größtenteils auf Aussagen der Betriebsleiter sowie auf Abschätzungen bzw. angepassten Literaturwerten. Daher sind sie mit Unsicherheiten behaftet und unterliegen gewissen Schwankungsbreiten. Für manche Werte wurden Schwankungsbereiche angenommen, wie z.B. bei der Abschätzung der Lachgasemissionen, wo laut IPCC (De Klein et al. 2006) ein Schwankungsbereich von 0,3 bis 3 % des düngungswirksamen Stickstoffes in Form von N₂O emittiert wird. Darüber hinaus wurden fast alle Prozesse mit ihren Vorketten aus der ecoinvent-Datenbank entnommen. Das bedeutet, dass die errechneten Ergebnisse nicht die in den untersuchten Betrieben tatsächlich anfallenden Emissionen darstellen, sondern einer gewissen Unsicherheit unterliegen, da ecoinvent für die Berechnung der In-

und Outputs einzelner Prozesse vielfach Daten aus ganz Europa bzw. aus der ganzen Welt bezieht.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde versucht, die Unsicherheiten in den Abbildungen in den Kapiteln 5.1, 5.2, 5.3 und 5.4 darzustellen. Eine Monte-Carlo-Analyse in openLCA hat jedoch große Diskrepanzen zwischen den (in der Sachbilanz angeführten) Punktwerten und den entsprechenden Medianen ergeben, sodass sowohl die Standardabweichung, als auch der Interperzentilabstand zwischen dem 5 %-Perzentil und dem 95 %-Perzentil zu keinem sinnvollen Ergebnis führten. Diese Diskrepanzen konnten leider im Rahmen dieser Masterarbeit nicht geklärt werden. Der Vollständigkeit halber werden in diesem Kapitel aber dennoch am Beispiel des Treibhauspotenzials die Ergebnisse einer Monte-Carlo-Analyse unter Einbeziehung der Schwankungsbreiten graphisch dargestellt. Für die anderen Wirkungskategorien finden sich entsprechende Tabellen im Anhang.

5.6.1 Sensitivitätsanalyse

5.6.1.1 Auswirkungen von Ertragseinbußen

In einer Sensitivitätsanalyse wurde untersucht, wie sich die Ergebnisse für die jeweiligen Betriebe ändern, wenn die Traubenerträge geringer wären als von den Betriebsleitern angegeben bzw. der Literatur entnommen.

In diesem Fall würden alle flächenbezogenen Maßnahmen gleich bleiben, aber sich rechnerisch auf eine geringere Traubenmenge verteilen. Emissionen aus Verpackung und Transport ändern sich durch Ertragsänderungen nicht. Daher ergeben sich unterschiedliche Empfindlichkeiten je nach Wirkungskategorie.

Die Übersicht in Tabelle 13, Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16, zeigt die Veränderungen der abgeschätzten Umweltwirkungspotenziale. Vor allem eine Ertragsreduktion des hypothetischen Referenzbetriebes R auf das Ertragsniveau der Betriebe aus der Praxis zeigt den zum Teil sehr großen Einfluss der Erträge auf die Ergebnisse.

Hypothetischer Referenzbetrieb R

Tabelle 13: Änderungen der Ergebnisse des hypothetischen Referenzbetriebs R bei Ertragseinbußen

Wirkungskategorie	14000 kg Ertrag/ha/Jahr	7000 kg Ertrag/ha/Jahr	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	0,296	0,481	+ 0,185 (+ 62,5 %)
FEP in kg P-eq	1,20E-4	2,20E-4	+ 1,00E-4 (+ 83,3 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB-eq	4,90E-4	9,60E-4	+ 4,70E-4 (+ 95 %)
HTPinf in kg 1,4-DCB-eq	0,131	0,239	+ 0,108 (+ 82,4 %)

Betrieb A

Tabelle 14: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb A bei Ertragseinbußen

Wirkungskategorie	7000 kg Ertrag/ha/Jahr (vom Betriebsleiter angegeben)	5000 kg Ertrag/ha/Jahr (angenommener Ertrag)	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	0,626	0,842	+0,22 (+ 35 %)
FEP in kg P-eq	9,03E-5	1,20E-4	+2,97E-5 (+ 33 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB-eq	9,37E-5	1,30E-4	+3,63E-5 (+ 39 %)
HTPinf in kg 1,4-DCB-eq	0,146	0,197	+ 0,051 (+ 35 %)

Betrieb B

Tabelle 15: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb B bei Ertragseinbußen

Wirkungskategorie	6500 kg Ertrag/ha/Jahr (vom Betriebsleiter angegeben)	5000 kg Ertrag/ha/Jahr (angenommener Ertrag)	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	0,495	0,561	+0,066 (+ 13 %)
FEP in kg P-eq	1,40E-4	1,6E-4	+ 0,20E-4 (+ 14 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB-eq	2,40E-4	3E-4	+ 0,60E-4 (+ 25 %)

HTPinf in kg 1,4-DCB-eq	0,173	0,203	+ 0,03 (+ 17 %)
-------------------------	-------	-------	-----------------

Betrieb C

Tabelle 16: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb C bei Ertragseinbußen

Wirkungskategorie	7500 kg Ertrag/ha/Jahr (vom Betriebsleiter angegeben)	5000 kg Ertrag/ha/Jahr (angenommener Ertrag)	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	1,05	1,44	+ 0,39 (+ 37,14 %)
FEP in kg P-eq	1,80E-4	2,40E-4	+ 0,60E-4 (+ 33,3 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB-eq	1,76E-3	2,63E-3	+ 0,87E-3 (+ 49 %)
HTPinf in kg 1,4-DCB-eq	0,283	0,386	+0,103 (+ 36,4 %)

5.6.1.2 Verwendung von 1 kg/ha/a Kupfer in Betrieb A

Wie Tabelle 17 zeigt, würde sich das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial für Betrieb A bei einem Einsatz von 1 kg Kupfer im Rahmen des Pflanzenschutzes um 945,9 %, also um das Zehnfache erhöhen. Auf die anderen Wirkungskategorien hätte diese Maßnahme keinen so großen Einfluss.

Tabelle 17: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb A bei Einsatz von 1 kg Kupfer

Wirkungskategorie	ohne Kupfereinsatz	bei Einsatz von 1 kg Kupfer/ha/a	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	0,626	0,626	+/- 0
FEP in kg P-eq	9,03E-5	9,85E-5	+0,82E-5 (+ 9,1 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB- eq	9,37E-5	9,80E-4	+ 8,87E-5 (+ 945,9 %)
HTPinf in kg 1,4-DCB- eq	0,146	0,165	+ 0,019 (+13 %)

5.6.1.3 Verwendung von LDPE–Beuteln in Betrieb B

Bei einem Umstieg des Verpackungssystems von Kartons und Plastikschaalen auf LDPE-Beutel würden sich das Treibhauspotenzial und das Humantoxizitätspotenzial um fast ein Drittel verringern. Das aquatische Frischwassereutrophierungspotenzial wäre sogar um 44,5 % niedriger, als mit dem derzeitigen Verpackungssystem (siehe Tabelle 18)

Tabelle 18: Änderungen der Ergebnisse von Betrieb B bei Verpackung mit LDPE Beuteln

Wirkungskategorie	bei Verpackung mit Plastikschaalen und Kartons	bei Verpackung mit LDPE-Beuteln	Differenz
GWP100 in kg CO ₂ -eq	0,495	0,344	-0,151 (- 30,5 %)
FEP in kg P-eq	1,40E-4	7,75E-5	- 6,25E-5 (- 44,6 %)
TETPinf in kg 1,4-DCB-eq	2,40E-4	2,10E-4	- 0,3E-4 (- 12,5 %)
HTPinf in kg 1,4-DCB-eq	0,173	0,118	- 0,055 (- 31,8 %)

5.6.1.4 Einsatz modernerer Traktoren in den Betrieben A und C

In den Betrieben A und C werden zum Teil sehr alte Traktoren (Bj. 1965 in Betrieb A und Bj. 1987 in Betrieb C) verwendet, was sich vor allem auf das Treibhauspotenzial der beiden Betriebe auswirkt. Die Sensitivitätsanalyse hat ergeben, dass bei einer Verwendung des in der ecoinvent-Datenbank angenommenen, moderneren Traktors für die Ernte in Betrieb A 0,176 kg CO₂-eq/kg Trauben eingespart werden könnten, die Emissionen, die aus der Treibstoffverbrennung stammen, könnten um etwa die Hälfte reduziert werden. Für Betrieb A würde das Gesamtemissionen von 0,45 kg CO₂-eq/kg anstatt der ursprünglichen 0,626 kg CO₂-eq/kg bedeuten, also eine Reduktion um 28,12 % des gesamten Treibhauspotenzials.

In Betrieb C könnten durch die Anschaffung eines moderneren Traktors 0,394 kg CO₂-eq/kg eingespart werden. Die Gesamtemissionen würden sich von 1,05 kg CO₂-eq/kg auf 0,656 kg CO₂-eq/kg verringern, was eine Reduktion der CO₂-eq-Emissionen um 38,5 % bedeuten würde. Des Weiteren würde die Umstellung auf

einen moderneren Traktor in diesem Betrieb auch das Humantoxizitätspotenzial von ursprünglich 0,283 kg 1,4-DCB-eq/kg auf 0,245 kg 1,4-DCB-eq/kg senken, was einer Reduktion um 13 % entspricht.

5.6.2 Abschätzung der Unsicherheiten der Ergebnisse am Beispiel des Treibhauspotenzials der vier untersuchten Betriebe

Um die Unsicherheiten der errechneten Werte darzustellen, wurde der Interperzentilabstand zwischen dem 5 %-Perzentil und dem 95 %-Perzentil im Rahmen einer Monte-Carlo-Analyse in openLCA ermittelt. Der Interperzentilabstand ist der Bereich, in dem der tatsächliche Wert mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit liegt. Er wird mithilfe einer Linie in den einzelnen Balken in den Abbildungen dargestellt. Die wahrscheinliche Schwankungsbreite des Wertes nach oben hin errechnet sich aus der Differenz zwischen dem 95%-Perzentil und dem Median. Die wahrscheinliche Schwankungsbreite des Wertes nach unten hin errechnet sich aus der Differenz zwischen dem Median und dem 5%-Perzentil.

Die Unsicherheiten der Ergebnisse, die sich unter Annahme der in Kapitel 4.4 angeführten Schwankungsbreiten ergeben, sind beispielhaft für das GWP100 der vier untersuchten Betriebe in den folgenden Abbildungen dargestellt. Nur in Betrieb A scheinen die Schwankungsbreiten der Ergebnisse in einem plausiblen Bereich zu sein. In allen anderen drei Betrieben ergaben sich unerklärlich große Schwankungsbreiten.

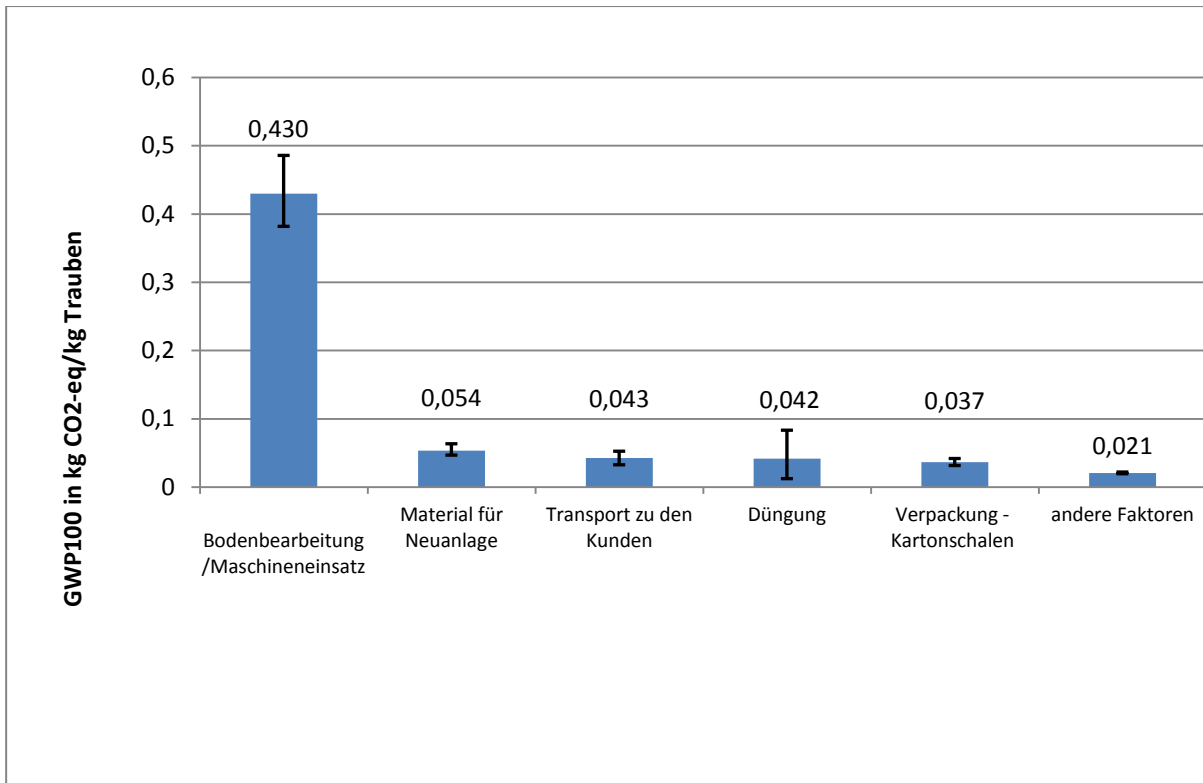


Abbildung 30: Unsicherheiten - GWP von Betrieb A

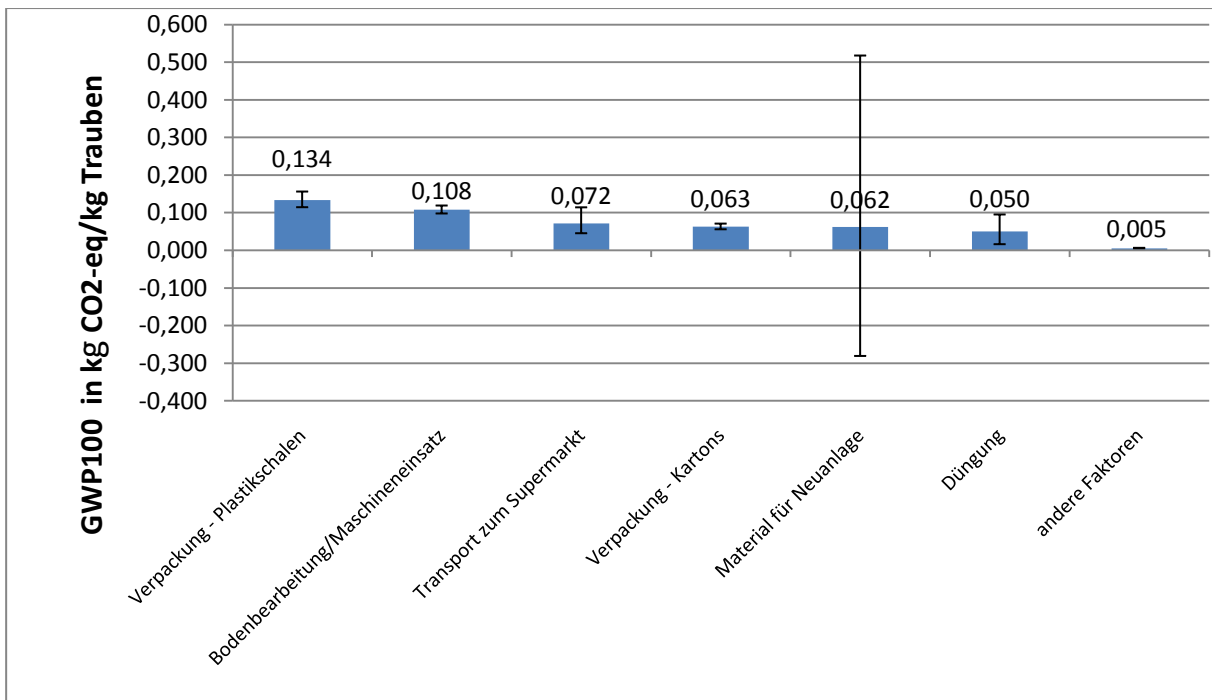


Abbildung 31: Unsicherheiten - GWP von Betrieb B

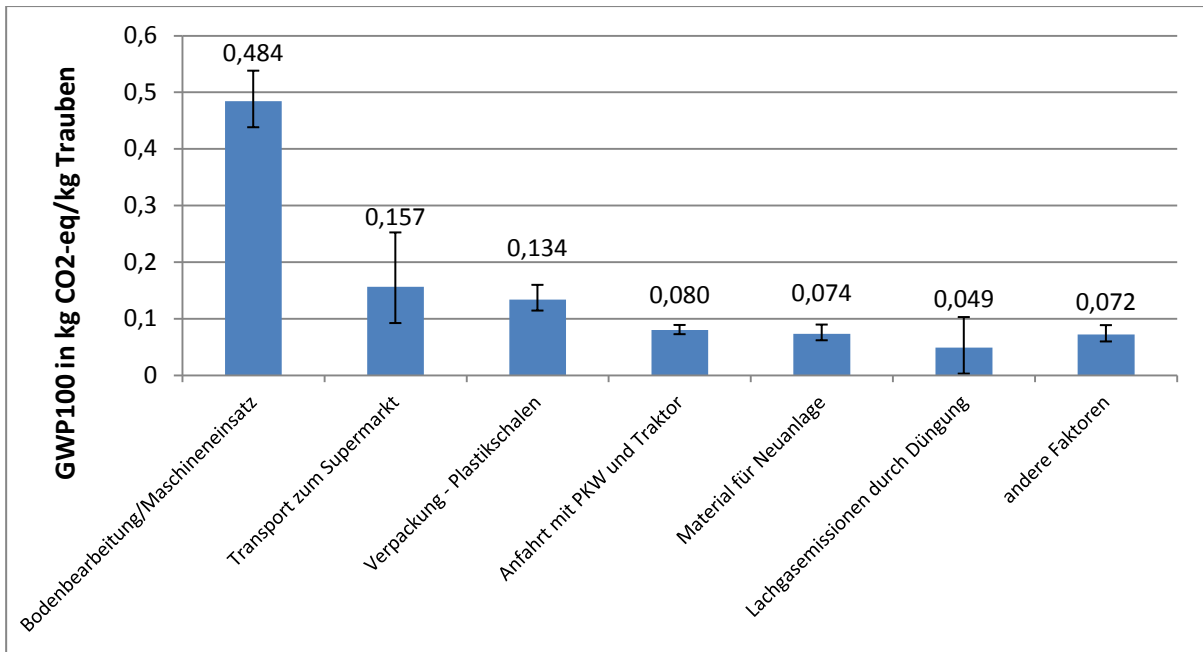


Abbildung 32: Unsicherheiten - GWP von Betrieb C

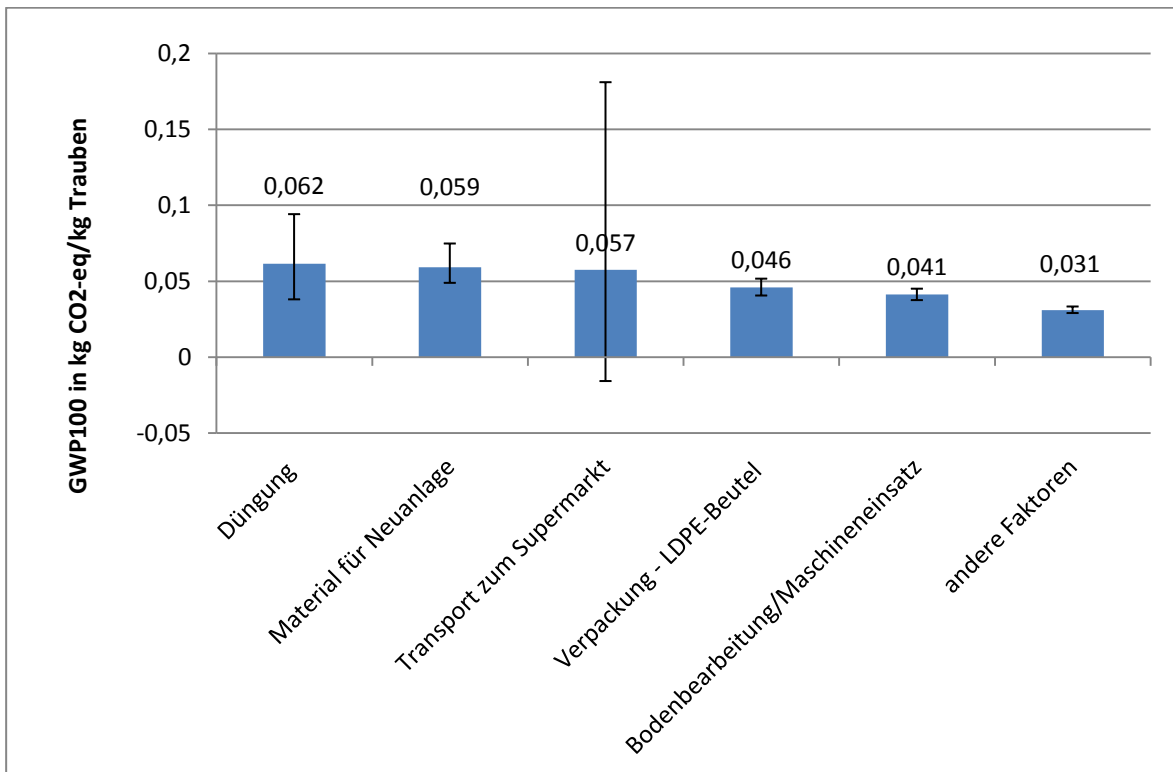


Abbildung 33: Unsicherheiten - GWP des hypothetischen Referenzbetriebs R

6 Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

Die Abschätzung der Umweltwirkungen der Tafeltraubenproduktion in Ostösterreich aufgrund der vier im Rahmen dieser Arbeit erstellten Ökobilanzen ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Zum Einen mangelt es an für Österreich anwendbarem Datenmaterial in der ecoinvent-Datenbank für den Weinbau bzw. Tafeltraubenanbau. Zum Anderen erwies sich der Versuch einer Quantifizierung der Umsetzungsprozesse von Stickstoffverbindungen, die im Rahmen der Düngung stattfinden, als ziemlich schwierig und unsicher, da diese Prozesse von zahlreichen örtlich und zeitlich stark variablen Faktoren (zum Beispiel Niederschlägen und Temperatur) beeinflusst werden.

Eine weitere Problematik gab es bei der Abschätzung von Schwankungsbreiten bezüglich der Ergebnisse der Ökobilanzen. Mit der Software openLCA konnten keine brauchbaren Werte für Schwankungsbreiten eruiert werden.

Trotz mangelnder Analysierbarkeit der Ergebnisse aufgrund der eben genannten Ursachen können jedoch einige relevante, allgemeine Schlussfolgerungen hinsichtlich der Auswirkungen unterschiedlicher Wirtschaftsweisen getroffen werden.

Bei der konventionellen Bewirtschaftung führt der Einsatz von synthetischen Düngemitteln zu einer Erhöhung des aquatischen Eutrophierungspotenzials. Im biologischen Weinbau hingegen zeigen die vier Ökobilanzen, dass es zu einem höheren Treibhauspotenzial kommt, da die Gründüngung und der Verzicht auf Herbizide vermehrten Maschineneinsatz erfordern. Vor allem in Betrieben mit älteren Traktoren, die mehr CO₂-eq emittieren, ist dieser Einflussfaktor von enormer Bedeutung.

Einen deutlich negativen Einfluss auf das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial in den biologisch geführten Betrieben hat die Verwendung von Kupfer, die im ökologischen Weinbau Gang und Gäbe ist.

Aus diesen Erkenntnissen lassen sich für diese drei Betriebe folgende Verbesserungsvorschläge ableiten:

In den Betrieben A und C könnten zum Beispiel durch die Verwendung eines moderneren und emissionsärmeren Traktors die Emissionen aus der

Treibstoffverbrennung deutlich reduziert werden. Das würde für Betrieb A eine Verbesserung des GWP um fast 30 Prozent und bei Betrieb C eine Verbesserung um fast 40 Prozent bewirken.

Betrieb B könnte durch einen Wechsel des Verpackungssystems (das wohlgemerkt wie bereits erwähnt vom Betriebsleiter nicht selbst gewählt werden darf, sondern vom Abnehmer der Trauben vorgeschrieben wird) die Umweltwirkungen deutlich reduzieren.

Obwohl es Unterschiede in der Traubenproduktion zur Weinherstellung und zur Verwendung als Speisetrauben gibt, zeigt ein Vergleich mit bestehenden Ökobilanzen in der Weinproduktion, dass die Resultate der vier untersuchten Betriebe durchaus im Bereich jener vergleichbaren Ergebnisse aus der Literatur liegen.

7 Weiterführende Arbeiten

Um die Umweltwirkungen für den Tafeltraubenanbau besser abschätzen zu können, wären zahlreiche weitere Untersuchungen empfehlenswert.

Stickstoffemissionen

Allem voran bedarf es weiterer Studien hinsichtlich der Möglichkeiten einer Quantifizierung der Stickstoffemissionen, die durch verschiedene Düngungssysteme im Weingarten entstehen. Die in der Literatur bestehenden Modelle und Berechnungsformeln zur Abschätzung der Stickstoffemissionen sind - falls überhaupt vorhanden - entweder nicht an die Gegebenheiten im Weinbau angepasst oder relativ oberflächlich.

ecoinvent-Datenbank

Wünschenswert wäre auch die Erweiterung der ecoinvent-Datenbank um Datensätze, die spezifisch für den Weinbau gelten, da die Adaptierung der vorhandenen Datensätze, die sich hauptsächlich auf den Ackerbau beziehen, nicht als optimal anzusehen ist. Für die Ökobilanzen in der vorliegenden Arbeit mussten sehr oft eigene Annahmen getroffen werden, da eine genaue Erfassung der benötigten Daten den befragten Betriebsleitern nicht zumutbar gewesen wäre und in der Literatur nicht ausreichend Datenmaterial vorhanden ist.

Verpackung

Die drei im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Verpackungssysteme von Tafeltrauben, also die Kartonschale, die Plastikschele und der LDPE-Beutel, zeigen im Vergleich sehr unterschiedliche Ergebnisse. Die Diskrepanzen scheinen vor allem hinsichtlich des Eutrophierungspotenzials (vgl. Kapitel 5.5.2) besonders groß zu sein. Eine genauere Untersuchung der verschiedenen Verpackungssysteme für Beeren wäre aufgrund ihres großen Einflusses auf das aquatische Eutrophierungspotenzial zu begrüßen.

Metallsteher

In allen vier untersuchten Betrieben wurden zur Unterstützung der Weinreben Metallsteher verwendet. In den Betrieben A, C und im hypothetischen Referenzbetrieb R handelt es sich um Steher der *voestalpine AG*, einem österreichischen Unternehmen mit Sitz in Linz. Hier wäre es sehr interessant zu untersuchen, inwieweit sich die Ergebnisse dieser Masterarbeit, die auf Daten aus der ecoinvent-Datenbank basieren, von einer Ökobilanzierung, die sich auf Daten der *voestalpine* stützt, unterscheiden.

Tafeltrauben aus Österreich im Vergleich zu Tafeltrauben aus anderen Ländern

Der Tafeltraubenanbau in Österreich steckt erst in den Kinderschuhen; die meisten Speisetrauben müssen, wie in der Einleitung bereits beschrieben, aus dem Ausland importiert werden, um den Bedarf zu decken. Interessant wäre an dieser Stelle ein Vergleich der Umweltwirkungen zwischen in Österreich produzierten Tafeltrauben und jenen, die im Ausland produziert werden.

8 Zusammenfassung

Bei einem jährlichen Konsum von 30000 Tonnen Tafeltrauben zählen diese zu den beliebtesten Obstsorten der Österreicherinnen und Österreicher. Den Konsumentinnen und Konsumenten wird Regionalität beim Einkauf immer wichtiger, und sie interessieren sich zunehmend für die Umweltwirkungen der gekauften Produkte. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Arbeit versucht, die Umweltwirkungen der Tafeltraubenproduktion in Ostösterreich anhand von drei Beispielbetrieben und einem hypothetischen Referenzbetrieb zu umreißen.

Ziele dieser Masterarbeit sind, die potenziellen Umweltwirkungen von einem Kilogramm Tafeltrauben aus Ostösterreich bei der Übernahme durch den jeweiligen Erstabnehmer abzuschätzen. Des Weiteren sollen mögliche Unterschiede zwischen biologischem und konventionellem Tafeltraubenanbau hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen ausgemacht werden. Ein weiteres Ziel ist, umweltrelevante Verbesserungsmöglichkeiten für die untersuchten Betriebe zu identifizieren.

Betrachtet wird dabei der Lebensweg der Trauben „cradle to gate“, angefangen von der Vorbereitung des Weingartens vor der Pflanzung der Reben über die Herstellung und den Transport diverser Materialien für die Neuanlage des Weingartens sowie dortige Pflegemaßnahmen, die unter anderem Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz mit einbezogen, bis hin zu Ernte, Verpackung und Transport der Trauben zum jeweiligen Erstabnehmer.

Mithilfe der Methode der Ökobilanzierung wurden das Treibhauspotenzial GWP100, die aquatische Eutrophierung FEP, das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial TETP_{inf} und das Humantoxizitätspotenzial HTP_{inf} von Tafeltrauben aus vier Betrieben untersucht, wobei der Referenzbetrieb in der Realität so nicht existiert. Er stützt sich ausschließlich auf Daten aus der Literatur und ist als einziger konventionell bewirtschaftet. Dieser Betrieb stellte die Grundlage für die Datenerhebung und Modellierung der Ökobilanzen für die drei anderen Betriebe dar, von denen zwei aus Niederösterreich (Betrieb A und B) und einer aus dem Burgenland (Betrieb C) stammen. Dazu wurden Primärdaten mittels Betriebs-Befragungen erhoben und durch Daten aus der Literatur ergänzt. Betrieb B und C werden biologisch bewirtschaftet, Betrieb A naturnah.

Die Berechnung der Ökobilanzen erfolgte mit der Software openLCA 1.4.1 (Greendelta GmbH 2014) unter Verwendung der ecoinvent-Datenbank. Als Methode

zur Bewertung der Ergebnisse wurde ReCiPe 2008 (Goedkoop et al. 2013) gewählt. Zur Abschätzung der Unsicherheiten der Ökobilanzergebnisse wurden Sensitivitätsanalysen und Monte-Carlo-Analysen durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit seien hier angeführt:

1. Bei Betrachtung der Ergebniswerte (Punktschätzungen), ergaben sich für die einzelnen Wirkungskategorien pro Kilogramm Trauben folgende Ergebnisse:

Für das **Treibhauspotenzial** der vier Betriebe wurden Werte zwischen 0,3 und 1,05 kg CO₂-eq errechnet, wobei der Maschineneinsatz im Weingarten und die Herstellung der Plastikschaalen zur Verpackung der Trauben die größten Einflussfaktoren sind.

Das **aquatische Eutrophierungspotenzial** liegt in den vier Betrieben zwischen 9,03E-5 und 1,8E-4 kg P-eq. Einen großen Einfluss auf das aquatische Eutrophierungspotenzial zeigte in allen Betrieben die Herstellung der Metallsteher, die zur Unterstützung der Weinreben in den Weingärten aufgestellt wurden.

Beim **terrestrischen Ökotoxizitätspotenzial** ergaben sich die größten Unterschiede zwischen den vier untersuchten Betrieben. Die Punktwerte für das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial reichen von 9,37E-5 kg 1,4 DCB-eq bis 1,76E-3 kg 1,4 DCB-eq. Diese Werte sind fast ausschließlich durch den Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel bedingt.

Die Ergebnisse für das **Humantoxizitätspotenzial** reichen von 0,13 bis 0,28 kg 1,4 DCB-eq pro kg Trauben, wobei ein Großteil auf die Herstellung der Metallsteher bzw. die Herstellung der landwirtschaftlichen Geräte fällt.

2. Hinsichtlich der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweise zeigte sich, dass die nicht konventionell wirtschaftenden Betriebe wegen des höheren Maschineneinsatzes ein höheres Treibhauspotenzial aufwiesen. Im hypothetischen Referenzbetrieb R war die Herstellung der Düngemittel der wichtigste Faktor beim Treibhauspotenzial und der zweitwichtigste Einflussfaktor auf das aquatische Eutrophierungspotenzial.

3. Die Sensitivitätsanalyse ergab, dass sich Ertragseinbußen sehr stark auf die Ergebnisse der Ökobilanz auswirken und der Einsatz von Kupfer im Rahmen des Pflanzenschutzes große Auswirkungen auf das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial hat.

4. Die LCA-Ergebnisse zeigten weiters, dass die Betriebe A und C durch die Verwendung von moderneren und emissionsärmeren Traktoren und der damit

einhergehenden Reduktion der Emissionen aus der Treibstoffverbrennung ihr GWP um fast 30 Prozent (in Betrieb A) und um fast 40 Prozent (in Betrieb C) verringern könnten. In Betrieb B könnten durch einen Wechsel des Verpackungssystems die Umweltwirkungen je nach Wirkungskategorie zwischen 12 und 45 % reduziert werden.

9 Kurzfassung und Abstract

9.1 Kurzfassung

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde versucht, die potenziellen Umweltwirkungen von einem Kilogramm in Ostösterreich produzierter Tafeltrauben abzuschätzen und herauszufinden, ob ein Zusammenhang mit der Bewirtschaftungsweise (konventionell oder biologisch) besteht.

Mittels Ökobilanzierung wurden Treibhauspotenzial (GWP), aquatisches Eutrophierungspotenzial (FEP), terrestrisches Toxizitätspotenzial (TETP) und Humantoxizitätspotenzial (HTP) von einem hypothetischen Referenzbetrieb R mit konventioneller Bewirtschaftung und drei biologisch bzw. naturnah bewirtschafteten Betrieben aus Niederösterreich und dem Burgenland berechnet.

Die Kalkulation der Ökobilanzen erfolgte mit der Software openLCA 1.4.1 (Greendelta GmbH 2014) basierend auf Primär- und Sekundärdaten unter Verwendung der ecoinvent-Datenbank. Zur Beurteilung der Ergebnisse wurde die Methode ReCiPe 2008 (Goedkoop et al. 2013) gewählt.

Das errechnete GWP der vier Betriebe liegt zwischen 0,30 und 1,05 kg CO₂-eq und ist hauptsächlich auf den Maschineneinsatz im Weingarten und die Herstellung der Plastikschalen zur Verpackung der Trauben zurückzuführen. Für das FEP ergaben sich Werte zwischen 9,03E-5 und 1,8E-4 kg P-eq. Großen Einfluss hatte hier die Herstellung der Metallsteher für die Unterstützung der Reben im Weingarten. Das TETP reicht in den vier Betrieben von 9,37E-5 kg 1,4 DCB-eq bis zu 1,76E-3 kg 1,4 DCB-eq und beruht fast ausschließlich auf der Ausbringung von Kupfer im Rahmen des Pflanzenschutzes. Für das HTP, das mit 0,13 bis 0,28 kg 1,4 DCB-eq abgeschätzt wurde, sind hauptsächlich die Metallsteherherstellung bzw. die Herstellung der landwirtschaftlichen Geräte verantwortlich.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweise zeigen sich im konventionellen Betrieb durch die Düngemittelherstellung negative Auswirkungen auf das aquatische Eutrophierungspotenzial. Im biologischen Tafeltraubenanbau wiederum führt vor allem der erhöhte Maschineneinsatz im Weingarten zu einem höheren Treibhauspotenzial.

9.2 Abstract

Within the framework of this master thesis it was attempted to estimate the potential impacts on the environment due to the production of one kilo of table grapes which were produced in Eastern Austria, and to find out if environment impacts are influenced by production systems (organic or conventional).

Through Life Cycle Assessment the global warming potential (GWP100), the freshwater eutrophication potential (FEP), the terrestrial toxicity potential (TETP_{inf}) and the human toxicity potential (HTP_{inf}) of one literature-based reference vineyard model with conventional table grape production and three vineyards with organic respectively close-to-organic production were calculated. The vineyards are located in the Austrian provinces of Lower Austria and in Burgenland.

The LCA was calculated using the software openLCA 1.4.1 (Greendelta GmbH 2014) and was based on primary and secondary data, utilizing the ecoinvent-database. For evaluation of the results the method ReCiPe 2008 (Goedkoop et al. 2013) was chosen.

The calculated GWP of all four vineyards ranges between 0.3 and 1.05 kg CO₂-eq and is mainly ascribed to the use of machinery in the vineyard and the production of plastic trays for packaging the grapes. The FEP results range from 9.03E-5 to 1.80E-4 kg P-eq. Here the production of the metal poles for upholding the vine wiring had a big influence. The TETP ranges from 9.37E-5 kg 1.4 DCB-eq to 1.76E-3 kg 1.4 DCB-eq and is mainly caused by the application of copper for plant protection. Mainly responsible for the HTP, which was estimated with 0.13 bis 0.28 kg 1.4 DCB-eq, is the production of the metal poles and the production of agricultural machinery.

Regarding the management system, in the conventional model the production of fertilizer showed substantial contributions to the FEP. In the organic table grape production particularly the more frequent use of agricultural machinery in the vineyard leads to a higher GWP.

10 Literaturverzeichnis

AGROFLOR KUNSTSTOFF GMBH (S.A.): *Insektenschutz*, verfügbar unter:

<http://www.agro-flor.com> [Zugriff am 4.10.2015]

AMON, B. (1998): *NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen aus der Festmistabdeckschicht für Milchvieh. Stall-Lagerung-Ausbringung*. Dissertation, Wien: Universität f. Bodenkultur.

APA (2013): *Heimische Konsumenten vertrauen viel*, verfügbar unter:

<http://derstandard.at/1373513464177/Heimische-Konsumenten-vertrauen-viel>
[Zugriff am 3.7.2015]

ARDENTE, F.; BECCALI, G.; CELLURA, M. UND MARVUGLIA, A. (2006): *POEMS: A Case Study of an Italian Wine-Producing Firm*. *Environmental Management* 38 (3): 350-364. DOI: 10.1007/s00267-005-0103-8

AUDSLEY, E.; ALBER, S.; CLIFT, R.; COWELL, S.; CRETTEZ, P.; GAILLARD, G.; HAUSHEER, J.; JULLIETT, O.; KLEIJN, R.; MORTENSEN, B.; PEARCE, D.; ROGER, E.; TEULON, H.; WEIDEMA, B. UND VAN ZEIJTS, H. (2003): *Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final Report*. s.l. European Commission DG VI Agriculture.

AUER PACKAGING GMBH (S.A.): *Stapelbehälter*, verfügbar unter: <http://www.auer-packaging.at> [Zugriff am 4.10.2015]

AUSTROSAAT (S.A.): *Wolff-Mischung*, verfügbar unter: www.austrofaat.at [Zugriff am 4.10.2015]

BAUER, K.; REGNER, F. UND SCHILDBERGER, B. (2008): *Weinbau*. Wien: AVBuch-Österreichischer Agrarverlag, 8. Aufl.

BENEDETTO, G. (2013): *The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle Assessment*. Wine Economics and Policy 2: 33 - 41. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.wep.2013.05.003

BIOFA AG (S.A.): *Cocana*, verfügbar unter: <http://www.biofa-profi.de/de/c/cocana.html> [Zugriff am 25.10.2015]

BIOHELP (2013): *Prev B2 Zusatzstoff*, verfügbar unter <http://www.biohelp-profi.at/prev-b2.html> [Zugriff am 21.8.2013]

BMLFUW (2010): *Regionalität und Convenience sind Trends beim Lebensmittel-Einkauf*, verfügbar unter: http://www.bmlfuw.gv.at/presse/archiv_2010/lebensmittel/regionalitaet_und_convenience_sind_trends_beim_lebensmittel-einkauf.html [Zugriff am 25.2.2015]

BMLFUW (2013): *Durchführungsverordnung (EU) Nr. 543/2011 der Kommission vom 7. Juni 2011 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates für die Sektoren Obst und Gemüse und Verarbeitungserzeugnisse aus Obst und Gemüse. Anhang I Teil B/Teil 9: Vermarktungsnorm für Tafeltrauben*. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 157 vom 15. Juni 2011 geändert durch Durchführungsverordnung (EU) Nr. 594/2013 der Kommission vom 21. Juni 2013. ABI. L Nr. 170 vom 22.6.2013.

BOSCO, S.; DI BENE, C.; GALLI, M.; REMORINI, D.; MASSAI, R. UND BONARI, E. (2011): *Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy*. Italian Journal of Agronomy 6 (15): 93-100. DOI: 10.4081/ija.2011.e15

BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1984): *Ökobilanzen von Packstoffen*. In: *Life Cycle Assessment. Past, Present and Future*, GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T. UND RYDBERG, T. Environmental Science & Technology 45 (1): 90 – 96. DOI: 10.1021/es101316v. [Zugriff am 11.1.2015]

- DE KLEIN, C.; NOVOA, R.S.A.; OGLE, S.; SMITH, K.; ROCHETTE, P.; WIRTH, T.C.; MCCONKEY, B.G., MOSIER, A. AND RYPDAL, K. (2006): *N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application*. In: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, verfügbar unter: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> [Zugriff am 18.9.2015]
- DE SCHRYVER, A. & GOEDKOOP, M. (2013): *Climate Change*. In: *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*. GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. UND VAN ZELM, R., verfügbar unter: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet> [Zugriff am 18.9.2015]
- ECOINVENT ASSOCIATION (1998 – 2015a): *History of ecoinvent*, verfügbar unter: <http://www.ecoinvent.org/about-us/history/> [Zugriff am 5.2.2015]
- ECOINVENT ASSOCIATION (1998 – 2015b): *ecoinvent Version 2.*, verfügbar unter: <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-version-2/> [Zugriff am 5.2.2015]
- EURO DRAHT GROßHANDEL GMBH & CO. KG (S.A.): *Weinbergdrähte & Zubehör*, verfügbar unter: <http://edg-koeln.de> [Zugriff am 4.10.2015]
- EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1974): *Studie Umwelt und Volkswirtschaft, Vergleich der Umweltbelastung von Behältern aus PVC, Glas, Blech und Karton*. In: *Life Cycle Assessment. Past, Present and Future*, GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T. UND RYDBERG, T. *Environmental Science & Technology* 45 (1): 90 – 96. DOI: 10.1021/es101316v. [Zugriff am 11.1.2015]

- FADER, B. (2003): *Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Möglichkeiten der organischen Düngung*, verfügbar unter: <http://slideplayer.org/slide/673468/> [Zugriff am 18.9.2015]
- FREIERMUTH, R. (2006): *Modell zur Berechnung der Schwermetallflüsse in der Landwirtschaftlichen Ökobilanz. Salca-Schwermetall*. Zürich-Reckenholz: Agroscope FAL.
- FRISCHKNECHT R., JUNGBLUTH N., ALTHAUS H.-J., DOKA G., DONES R., HECK T., HELLWEG S., HISCHIER R., NEMECEK T., REBITZER G. UND SPIELMANN M. (2005): *The ecoinvent database: Overview and methodological framework*. The International Journal of Life Cycle Assessment 10 (1): 3–9. DOI: 10.1065/lca2004.10.181.1
- GALLER, J. (2009): *Wirtschaftsdünger. Anfall, Lagerung, Verwertung, Umwelt*. Salzburg: AWMA – Werbe- und Mediaagentur.
- GAZULLA, C., RAUGEI, M. UND FULLANA-I-PALMER, P. (2010): *Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks?* The International Journal of Life Cycle Assessment 15 (4): 330 – 337. DOI: 10.1007/s11367-010-0173-6
- GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. UND VAN ZELM, R. (2013): *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*, verfügbar unter: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet> [Zugriff am 18.9.2015]
- GÖTZ, G. (2010): *Geschützter Anbau. Pflanzung und Erziehung. Ernte*. In: *Anbau von Tafeltrauben*. OLLIG, W. Stuttgart: Ulmer.

GREENDELTA GMBH (2009-2013): *openLCA Software für Ökobilanzierung und Sustainability Assessment*, verfügbar unter: <http://www.greendelta.com/openLCA.115.0.html> [Zugriff am 4.2.2015]

GREENDELTA GMBH (2014): *openLCA*, verfügbar unter: <http://www.openlca.org/home> [Zugriff am 4.2.2015]

GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T. UND RYDBERG, T. (2011): *Life Cycle Assessment. Past, Present and Future*. *Environmental Science & Technology* 45 (1), 90 – 96. DOI: 10.1021/es101316v. [Zugriff am 11.1.2015]

GUST. ALBERTS GMBH & Co. KG (2011): *Drahtzäune*, verfügbar unter: <http://www.gah.de/de/startseite/index.php> [Zugriff am 4.10.2015]

ISO (2006a): *Environmental management. Life Cycle Assessment. Principles and framework, EN ISO 14040:2006*. Brussels: European Committee for Standardization.

ISO (2006b): *Environmental management. Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines, EN ISO 14044:2006*. Brussels: European Committee for Standardization.

KANNING, H. (2001): *Umweltbilanzen. Instrumente einer zukunftsfähigen Regionalplanung?* Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.

KAST W. K. (2010): *Besonderheiten des Pflanzenschutzes bei Tafeltrauben*. In: *Anbau von Tafeltrauben*. OLLIG, W. Stuttgart: Ulmer.

HASELBERGER, H. (2007): *Weinviertler Tafeltrauben – ein spannendes Produkt*. Diplomarbeit: Weinakademie Österreich.

HAUER, G.; KOGLER, F.; BLUMAUER, E.; DEIMEL, M.; EBERDORFER, D.; NEMESTHOTHY, N.; LINDNER, H. UND MOITZI, G. (2012): *ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2012*. Wien: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung.

HAUSNER BEEREN (S.A.): *Verpackungen*, verfügbar unter: <http://www.hausner-beeren.de> [Zugriff am 4.10.2015]

HEIJUNGS, R.; GOEDKOOP, M.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A. UND STRUIJS, J. (2013): *Introduction*. In: *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*, GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. UND VAN ZELM, R., verfügbar unter: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet> [Zugriff am 18.9.2015]

HÖRTENHUBER, S. (2013): *Berechnung der Nitratauswaschung im Weingarten*. Persönliche Mitteilung am 18.1.2013.

HUBER SPEDITION GMBH (S.A.): *Fuhrpark*, verfügbar unter: http://www.huberspedition.com/Huber-Spedition-GmbH-Fuhrpark-Equipment_pid,10431,type,firmeninfo.html [Zugriff am 25.10.2015]

HUIJBREGTS, M.A.J.; VAN ZELM, R.; ROMBOUTS, L.; RAGAS, A.; STRUIJS, J.; GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HARBERS, J.; WINTERSEN, A.; POSTHUMA, L.; HENDRIKS, J. UND VAN DE MEENT, D. (2013): *Toxicity*. In: *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*, GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. UND VAN ZELM, R., verfügbar unter: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet> [Zugriff am 18.9.2015]

HUNT, R.G.; FRANKLIN, W.E.; WELCH, R.O.; CROSS, J.A.; WOODAL, A.E. (1974): *Resource and environmental profil analysis of nine beverage container*

alternatives. In: *Life Cycle Assessment. Past, Present and Future*, GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T. UND RYDBERG, T. *Environmental Science & Technology* 45 (1): 90 – 96. DOI: 10.1021/es101316v. [Zugriff am 11.1.2015]

IFCO SYSTEMS GMBH (S.A.): *Fresh Box ST6413*, verfügbar unter: http://www.ifcosystems.at/res/marketing_datasheets/IFCO-SYSTEMS_Food-Retail-Solutions_Green-Plus_Datasheet_Germany_de.pdf [Zugriff am 23.8.2013]

KLÖPPFER, W. UND GRAHL, B. (2007): *Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf*. Heidekamp: WILEY-VCH Verlag GmbH.

KOLBE, H.; SCHUSTER, M.; HÄNSEL, M.; GRÜNBECK, A.; SCHLIEßER, I.; KÖHLER, A.; KARALUS, W.; KRELLIG, B. UND POMMER, R.; ARP, B. (2004): *Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau*. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, verfügbar unter: <http://orgprints.org/15102/2/Zwischenfruechte.pdf> [Zugriff am 18.9.2015]

KÜHNE, S. & FRIEDRICH, B. (2010): *14. Fachgespräch: „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze*. Berlin-Dahlem: Julius Kühn-Institut.

MEHOFER, M. (2010): *Gründüngung und Bodenbearbeitung im Weinbau: Biomasseproduktion und Einfluss auf den Stickstoffgehalt und den Most*. Wissensbericht 2010. http://bundesamt.weinobstklosterneuburg.at/upload/documentbox/Gruenduengung_und_Bodenbearbeitung_im_Weinbau_-_Biomasseproduktion_und_Einfluss_auf_den_Stickstoffgehalt_im_Boden_und_im_Most.pdf [Zugriff am 25.10.2015]

MEHOFER, M.; BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT; HÖHERE BUNDESLEHRANSTALT UND BUNDESAMT FÜR WEIN- UND OBSTBAU KLOSTERNEUBURG – INSTITUT WEINBAU UND ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT GMBH (AGES) (2014):

Sachgerechte Düngung im Weinbau. 2.Aufl. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, verfügbar unter: http://hbla.weinobstklosterneuburg.at/upload/documentbox/Broschuere_Sachger_echte_Duengung_im_Weinbau_02_05_2014.pdf [Zugriff am 26.1.2015]

MOOSMANN GMBH & CO. KG (2013): *Umverpackungen*, verfügbar unter: <http://www.moosmann.de> [Zugriff am 23.8.2013]

MOURON, P.; NEMECEK, T.; SCHOLZ, R.W. UND WEBER O. (2005): *Management influence on environmental impacts in an apple production system of Swiss fruit farms: Combining life cycle assessment with statistical risk assessment.* Agriculture, Ecosystems and Environment 114: 311-321. DOI: 10.1016/j.agee.2005.11.020 [Zugriff am 2.2.2015]

NEFAB VERPACKUNGSTECHNIK GMBH (2013): *Verpackungen aus Wellpappe*, verfügbar unter: http://www.nefab.at/Verpackungen_aus_Wellpappe.aspx [Zugriff am 23.8.2013]

NEMECEK , T. (2013): *Life Cycle Assessment of Agricultural Systems. Introduction*, verfügbar unter: http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/presentation_papers/Presentation_2013/1021b_AgriLCA.pdf [Zugriff am 2.2.2015]

NEMECEK , T.; KÄGI, T. (2007): *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems.* Zürich und Dübendorf: Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.

NEMECEK , T.; SCHNETZER, J. (2012): *Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems.* Zürich: Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.

NETO, B.; DIAS, A.C. UND MACHADO, M. (2012): *Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution*. International Journal of Life Cycle Assessment 18 (3): 590 – 602. DOI: 10.1007/s11367-012-0518-4.

NIELSEN, P. H. (2003): *Cool and frozen storage in wholesale*, verfügbar unter: <http://www.lcafood.dk/> [Zugriff am 4.10.2015]

OLLIG, W. (2010): *Anbau von Tafeltrauben*. Stuttgart: Ulmer.

OTTO H. MEYER GMBH & CO. KG (S.A.): *Ohm Berechnungsrohr*, verfügbar unter: <http://www.ohm-rohre.de/produkte/23-berechnung/26-ohm-ld-berechnung#abmessungen-pe-ld-pn-6> [Zugriff am 6.9.2013]

PAPIER BRINKMANN GMBH (1995-2015): *Lebensmittelverpackungen*, verfügbar unter: <https://www.verpacken24.com/> [Zugriff am 23.8.2013]

PIZZIGALLO, A.C.I.; GRANAI, C. UND BORSA, S. (2008): *The joint use of LCA and emergy evaluation for the analysis of two Italian wine farms*. Journal of Environmental Management 86: S.396 - 406. DOI: 10.1016/j.jenvman.2006.04.020

POINT, E.; TYEDMERS, P. UND NAUGLER, C. (2012): *Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada*. Journal of Cleaner Production 27: 11 – 20. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.035

PÖLZ, W. (2014): *Düngung und Pflanzenschutz im Tafeltraubenanbau und Lebensdauer verwendeter Materialien im Weingarten*. Persönliche Mitteilung am 17.12.2014.

PRASUHN, V. (2006): *Erfassung der PO₄-Austräge für die Ökobilanzierung*. Salca Phosphor. Agroscope FAL Reckenholz.

PRODUCE PACKAGING (2015): *Frutpak 500 Moulded Fibre Tray*, verfügbar unter:

http://www.producepackaging.co.uk/media/30371/frutpak_500.pdf [Zugriff am 4.10.2015]

REDL, H. (2013): *Pflanzenschutz und Rebendüngung im Tafeltraubenanbau*. Persönliche Mitteilung am 18.1.2013.

REDL, H.; RUCKENBAUER, W. UND TRAXLER, H. (1996): *Weinbau heute*. Graz: Stocker.

RICHNER, W.; OBERHOLZER, H.R.; FREIERMUTH, R.; HUGUENIN, O. UND WALTHER, U. (2006): *Modell zur Beurteilung des Nitratauswaschungspotenzials in Ökobilanzen – SALCA-Nitrat*. Agroscope FAL Reckenholz.

RICHTER, A. (2010): *Betriebswirtschaft*. In: *Anbau von Tafeltrauben*. OLLIG, W. Stuttgart: Ulmer.

ROLLAMA (s.a.): *Ranking der beliebtesten Obstsorten. Einkäufe wertmäßig in Mio. Euro*, verfügbar unter: <http://www.ama-marketing.at/home/groups/6/daten/OBSTRANKING.PDF> [Zugriff am 25.2.2015]

ROSNER, (2015): *Rebendüngung und Nitratauswaschung im Weingarten*. Persönliche Mitteilung am 3.2.2015.

RUDOLF KLOJER GMBH (S.A.): *Rebschützer*, verfügbar unter: <http://www.folien-planen-hauben.de/Klojer/Rebschutz.html> [Zugriff am 4.10.2015]

RWA RAIFFEISEN WARE AUSTRIA AKTIENGESELLSCHAFT (S.A.): *Pumpen*, verfügbar unter: <http://www.lagerhaus.at/okay-bewaesserungspumpe-wpr-12000-gst+2500+2206584> [Zugriff am 6.9.2013]

SAATBAU LINZ (S.A.): *Weingartenbegrünung Rebenfit*, verfügbar unter <http://www.saatbau.com/at/saatgut/zwischenfruchte/mischungen/rebenfit> [Zugriff am 25.10.2015]

- SCHÄFFELER U., KELLER M. 2008: *Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980–2020*. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- SCHWAB, A.; WAHL, K. UND MAY, R. (2002): *Die Begrünungsfrage in Franken – Welche Formen haben sich bewährt?* Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- SMIDT, S. (2007): *Ergebnisse der Depositionsmessungen im Rahmen von Level II 1996 – 2005*, verfügbar unter: <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=5921> [Zugriff am 4.10.2015]
- SOJA, G.; RODRIGUEZ-PASCUAL, R.; ZEHETNER, F.; GERZABEK, M.; KÜHNEN, L.; RAMPAZZO TODOROVIC, G.; DUBOC, O.; SCHILDBERGER, B.; VOGL, K.; MEHOFER, M.; OMANN, I.; BURGER, E.; HASLINGER, J.; DOCKNER, V.; GRÜNBERGER, S.; SOJA, M.; ROCH, R.; HACKL, K. UND HOFMANN, R. (2010): *Weinbau im Klimawandel: Anpassungs- und Mitigationmöglichkeiten am Beispiel der Modellregion Traisental (Weinklim). Abschlussbericht*. AIT Seibersdorf.
- SPIELMANN, M.; BAUER, C.; DONES, R. UND TUCHSCHMID, M. (2007): *Transport services. Data v2.0. ecoinvent report No. 14*. Villingen: Paul Schwerer Institut und Ulster: ESU-services Ltd.
- SROCKA, M. (2009): *openLCA: Open Source Software für Life Cycle Assessments – Stand und Weiterentwicklung*. In: *Ökobilanzierung 2009. Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit*. FEIFEL, S.; WALK, W.; WURSTHORN, S. UND SCHEBEK, L. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing
- STATISTIK AUSTRIA (2007): *Weingartenflächen 1999 nach Weinbauregionen*, verfügbar unter:

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/bodennutzung/023063.html [Zugriff am 25.2.2015]

STATISTIK AUSTRIA (2014): *Versorgungsbilanz für Obst 2012/13*, verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html#index1 [Zugriff am 25.2.2015]

STOCKER, T.F.; QIN D.; PLATTNER, G.K.; ALEXANDER, L.V.; ALLEN, S.K.; BINDOFF, N.L.; BRÉON, F.M.; CHURCH, J.A.; CUBASCH, U.; EMORI, S.; FORSTER, P.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GILLETT, N.; GREGORY, J.M.; HARTMANN, D.L.; JANSEN, E.; KIRTMAN, B.; KNUTTI, R.; KRISHNA KUMAR, K.; LEMKE, P.; MAROTZKE, J.; MASSON-DELMOTTE, V.; MEEHL, G.A.; MOKHOV, I.I.; PIAO, S.; RAMASWAMY, V.; RANDALL, D.; RHEIN, M.; ROJAS, M.; SABINE, C.; SHINDELL, D.; TALLEY, L.D.; VAUGHAN, D.G. UND XIE, S.P. (2013): *Technical Summary*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V. UND MIDGLEY, P.M. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

STRUJIS, J.; BEUSEN, A.; VAN JAARVELD, H. UND HUIJBREGTS, M.A.J. (2013): *Eutrophication*. In: *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*, GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. UND VAN ZELM, R., verfügbar unter: <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet> [Zugriff am 18.9.2015]

TEGUM AG (S.A.): *Bewässerung*, verfügbar unter <http://www.tegum.ch> [Zugriff am 6.9.2013]

VAZQUEZ-ROWE, I.; VILLANUEVA-REY, P.; IRIBARREN, D.; MOREIRA, M.T. UND FEIJOO, G. (2012): *Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape*

production for vinification in the Rias Baixas appellation (NW Spain). Journal of Cleaner Production 27: 92 – 102. DOI: 10.1016/j.jclepro.201112.039

VERPACKUNGSTEAM GMBH (2015): *Verpackungsmaterial. Kordelzugbeutel*, verfügbar unter:

[https://www.verpackungsteam.de/Verpackungsmaterial/Beutel/Kordelzugbeutel/](https://www.verpackungsteam.de/Verpackungsmaterial/Beutel/Kordelzugbeutel/Kordelzugbeutel-155-x-210-mm-50-my-100-)

[Kordelzugbeutel-155-x-210-mm-50-my-100-Stk::1230.html?MODsId=c1ad18885035153743fafce7d6e852f5](https://www.verpackungsteam.de/Verpackungsmaterial/Beutel/Kordelzugbeutel-155-x-210-mm-50-my-100-Stk::1230.html?MODsId=c1ad18885035153743fafce7d6e852f5) [Zugriff am 25.10.2015]

WEINHEIMER, K. (S.A.): *Artos Reihenpfahl*, verfügbar unter: <http://www.artos-weinbergpfahl.de> [Zugriff am 25.10.2015]

WEIS, E. (2015): *Weinbergsbedarf*, verfügbar unter: <http://www.weinbergartikel-weis.de/de/voest-stahlpfahl> [Zugriff am 4.10.2015]

WESTFÄLISCHE STAHLGESELLSCHAFT (2015): *Gewichtsrechner*, verfügbar unter: <http://www.ws-stahl.de> [Zugriff am 4.10.2015]

WISEK, W. (2010): *Neu bei SPAR: Die „Weinviertler Tafeltrauben“*, verfügbar unter: <https://noe.lko.at/?id=2500%2C1548180%2C%2C> [Zugriff am 25.2.2015]

WUNDERER, W.; FARDOSSI, A.; BAUMGARTEN, A. UND BAUER, K. (2003): *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Weinbau. Anleitung zur Interpretation von Boden- und Blattuntersuchungsergebnissen im Weinbau. 1. Aufl.* Wien: BMLFUW.

WURTH PFLANZENSCHUTZ GMBH (S.A.): *Drahtzubehör*, verfügbar unter: <http://www.wurth-pflanzenschutz.de/Drahtzubeh%C3%B6r.html> [Zugriff am 25.10.2015]

ZEHETNER, F. (2010): *Modellierung der Boden-Treibhausgasbilanz*. In: *Weinbau im Klimawandel: Anpassungs- und Mitigationmöglichkeiten am Beispiel der*

Modellregion Traisental (Weinklim). Abschlussbericht. SOJA, G.; RODRIGUEZ-PASCUAL, R.; ZEHETNER, F.; GERZABEK, M.; KÜHNEN, L.; RAMPAZZO TODOROVIC, G.; DUBOC, O.; SCHILDBERGER, B.; VOGL, K.; MEHOFER, M.; OMANN, I.; BURGER, E.; HASLINGER, J.; DOCKNER, V.; GRÜNBERGER, S.; SOJA, M.; ROCH, R.; HACKL, K. UND HOFMANN, R. AIT Seibersdorf.

ZIEGLER, B. (2011): *Rebendüngung*. Neustadt/W. Rheinpfalz: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum.

11 Anhang

Anhang A – Datenerfassungsblatt - Tafeltrauben aus Ostösterreich

	Einheit	Menge	persönliche Anmerkungen
Allgemeine Daten:			
1. Gesamtfläche des Weingartens für Tafeltraubenanbau	ha		
2. Auf wie vielen Flächen betreiben Sie Tafeltraubenanbau und wie groß sind diese jeweils?	Anzahl und Größe		
3. Ernteertrag	in kg pro ha und Jahr		
4. Entfernung der Flächen von Ihrem Betrieb/Wohnort	km		
5. Wie viele Weinreben pro ha?	Stück pro ha		
6. Wie groß ist der Stockabstand?	in cm		
7. Wie groß ist der Zeilenabstand?	in cm		
8. Wie lange sind die Zeilen?	in m		
9. Wie viele Zeilen auf der Fläche?	Anzahl		
10. Abstand zwischen zwei Stehern	in m		
11. Wie viele Pflanzstäbe sind zwischen zwei Stehern?	Stückanzahl		
12. Bodenbedeckung im Weingarten (begrünt oder nicht? ganzjährig? Welche Saatgutmischung? Begrünung in jeder Zeile oder in jeder zweiten?)	beschreiben		
13. Bodenart (eher lehmig, sandig,..)	beschreiben		
14. Tongehalt des Bodens	%		
15. Humusgehalt des Bodens	%		
16. durchschnittliche Steigung / Hangneigung des Weingartens	%		
Materialeinsatz bei der Neuanlage des Weingartens:			
17. Pflanzstäbe /Pflanzpfähle	Material (Holz – imprägniert oder natur, verzinkter Stahl.....)		
	Abmessungen: (Länge x Breite x Höhe in		

	cm)		
18. Steher / Stichel	Material (Holz – imprägniert oder natur, Beton, verzinkter Stahl...)		
	Abmessungen: (Länge x Breite x Höhe in cm)		
a. Können Sie abschätzen, wie lange die Steher halten?	Jahre		
b. Wenn Steher aus Holz: Bestreichen Sie diese vor dem Einsatz?	Womit?		
19. Endpfähle / Endstichel	Material (Holz, Beton, verzinkter Stahl...)		
	Abmessungen: (Länge x Breite x Höhe in cm)		
20. Draht	Menge in kg		
	Material		
21. Wurde der Boden vor der Neuanlage tief gelockert? Wenn ja, mit Traktor oder Bagger und ca. wie tief?	Tiefe in cm		
22. Hagel-/Vogelschutznetze	Material (LDPE,HDPE...)		
	Menge in kg		
	Haltbarkeit in Jahren		
Bewässerung:			
23. Bewässern Sie?	ja oder nein		
wenn ja.....	wie? (Tropfbewässerung, ...)		
	Stromverbrauch der Pumpe/Jahr		
	Stromanbieter (EVN...)		
Düngung:			
24. Mineraldüngung (Wenn keine Mineraldüngung erfolgt, weiter zu Frage 26)			
a. Mineraldüngung – Produkt 1	Bezeichnung		
	Nährstoffgehalte		

	(N/P/K)...		
	kg/ha/Jahr		
	in welchem Monat		
b. Mineraldüngung – Produkt 2	Bezeichnung		
	Nährstoffgehalte (N/P/K)...		
	kg/ha/Jahr		
	in welchem Monat		
25. Vorratsdüngung	Womit? (Bezeichnung)		
	kg		
26. organischer Dünger	Welchen? (Stallmist, Hühnermist, Kompost...)		
	kg/ha/Jahr		
	in welchem Monat		
27. Gründüngung	Wie oft wird pro Jahr gemulcht?		
Pflanzenschutz/Pflanzenstärkung			
28. a. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 1	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
b. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 2	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
c. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 3	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
d. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 4	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
e. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 5	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
f. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 6	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
g. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 7	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		

h. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 8	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
i. Pflanzenschutz-/ oder Pflanzenstärkungsmittel 9	Bezeichnung:		
	kg/ha/Jahr		
Maschineneinsatz			
29. a. Traktor 1	Traktortyp		
	Gewicht		
	Leistung (kW oder PS)		
	Baujahr		
	Traktorstunden/Jahr		
b. Traktornutzung für den Tafeltraubenanbau	Traktorstunden/Jahr oder %		
c. Traktor 2	Traktortyp		
	Gewicht		
	Leistung (kW oder PS)		
	Baujahr		
	Traktorstunden/Jahr		
d. Traktornutzung für den Tafeltraubenanbau	Traktorstunden/Jahr oder %		
30. Bei welchen der folgenden Arbeitsschritte ist/sind Ihr/e Traktor/en wie lange im Einsatz und jeweils Traktor 1 oder Traktor 2?			
h. Bodenbearbeitung (grubbern, eggen, fräsen...)	Traktorstunden/Jahr		
i. mulchen	Traktorstunden/Jahr		
j. düngen	Traktorstunden/Jahr		
	Wie oft pro Jahr?		
k. Pflanzenschutzmittel ausbringen	Traktorstunden/Jahr		
	Wie oft pro Jahr?		
l. Ernte	Traktorstunden/Jahr		
m. Laubarbeiten und sonstige	Traktorstunden/Jahr		

Pflegearbeiten im Weingarten	An wie vielen Tagen pro Jahr?		
n. Rebschnitt	Traktorstunden/Jahr		
31. Fahren Sie auch öfters mit dem Auto zum Weingarten?	Wie oft pro Jahr?		
	PKW: Baujahr (Diesel/Benzin)		
	Leistung (kW oder PS)		
32. Wie viele Steigen benötigen Sie für Ernte und Transport?	Stück und Maße		
33. An wie vielen Tagen wird etwa geerntet?	Anzahl der Tage		
	Von wie viel Personen?		
Verpackung			
34. Wie werden die Trauben verpackt?	(lose in Steigen, Plastiktüten, Kartonschalen...)		
35. Traubenmenge je Verpackungseinheit	(z.B. 5 kg Trauben/Steige oder 0,5 kg/Tüte)		
Transport zu den KundInnen			
36. Werden Ihre Trauben direkt vermarktet? <i>Wenn nicht, weiter zu Frage 40.</i>	Wie viel % Direktvermarktung		
37. Wie viel Prozent der Kunden kommen mit dem Auto?	%		
38. Aus welcher Entfernung reisen die Kunden etwa an?	(5 km, 10km,.....)		
39. Welche Menge an Trauben kaufen die Kunden ca.?	kg		
40. Wie viel % der Trauben werden an einen Supermarkt oder ähnliches verkauft?	%		
41. Wie werden die Trauben zum Lager/Supermarkt etc. transportiert?	(in Plastiksteigen in Kühllastwägen, mit einem Klein-LKW.....)		
42. Erfolgt die Retourfahrt des Transportfahrzeuges leer?	ja/nein		
43. Wie weit werden die Trauben in etwa transportiert?	km		

Anhang B – Inputliste für den hypothetischen Referenzbetrieb R

<u>Neuanlage (und Junganlage)</u> Für die Neu- und Junganlage (also während der ersten drei Jahre) werden keine Erträge angenommen, da eine eigene Berechnung von Transport, Verpackung und Lagerung für jedes der ersten drei Jahre nur geschätzt werden könnte und damit nicht sehr aussagekräftig wäre.		
Alle Daten in dieser Spalte basieren, wenn nicht durch „eigene Annahme“ gekennzeichnet, auf den Angaben aus Richter (2010, S.138ff.)	Alle Daten in dieser Spalte finden sich in genau dieser Form in openLCA	
Maschinenpark in Neuanlage – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet. Alle folgenden Daten zu Maschinenstunden beziehen sich auf Richter (2010, S.138 ff.)
Anhänger	oLCA: 7 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges.m.b.H 700 kg, Nutzungsdauer laut Hauer et al. (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger wird laut Richter (2010, S.138ff.) insgesamt 30 Stunden am Feld genutzt (für: Auszeilen, Pflanzen, Pflanzstäbe verteilen, Stickle anfahren, Drähte ziehen, Endstickle verankern) $700 \text{ kg} * 30 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 7 \text{ kg}$
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Neuanlage - Arbeitsschritte		Da eine einfache Fahrt auf dem Feld mit dem Traktor bei ecoinvent nicht existiert wurde der Prozess „tillage rolling“ („Bodenbearbeitung, Walzen“) für all jene Prozesse genommen, bei der der Traktor im Weingarten im Einsatz ist, da es eine leichte Form Bodenbearbeitung ist und der einfachen Traktorfahrt somit am nächsten kommt. Laut Nemecek und Kägi (2007, S.190) wird 1 ha in 0,9 Stunden gewalzt. (Also ca. 1 Stunde für einen Hektar) und der Dieserverbrauch liegt bei 4,2 Liter/Stunde (Nemecek& Kägi 2007, S.193) Laut Hauer et al. (2012, S.12) braucht ein 45 kW-Traktor bei geringer Auslastung des Motors 3 l/h, bei mittlerer Auslastung 5,9 l. Laut ecoinvent kommt man für den Prozess „tillage rolling“ auf 3,78 l Treibstoff pro ha. Wenn man davon ausgeht, dass sich der Weingarten in Hanglage befindet, was zu einem etwas höheren Spritverbrauch führt, kommt man mit den 0,9 Stunden

		mal 4,2 Litern ca. auf etwas mehr als 3 l Verbrauch /h/ha (exakt: 3,78 l). Daher wird im hypothetischen Referenzbetrieb R für alle Tätigkeiten, bei denen der Traktor nur gering belastet wird und für die es keinen Datensatz auf ecoinvent gibt, der Datensatz „tillage rolling without agricultural machinery“ verwendet.
Rigolen mit Bagger	oLCA: 8000 m³ excavation, hydraulic digger	Der Boden wird 80 cm tief umgegraben. 10.000 m ² * 0,8 m Tiefe ergibt: 8000 m³ , die umgegraben werden
Anfahrt des Baggers	oLCA: 320 tkm transport lorry, 16 – 32 t, EURO 5	eigene Annahme: ca. 10 km Anfahrt des Baggers auf einem LKW Wenn der Bagger angenommene 16 Tonnen wiegt, und diese 10 km transportiert werden, sind das: 16 t * 10 km = 160 tkm, inklusive Rückfahrt sind das in Summe 320 tkm.
Nacharbeit beim Rigolen 1 M-h Schlepper und Anhänger +25 Akh	oLCA: 1 ha tillage rolling without agricultural machinery + zweimal Anfahrt mit Schlepper (16 km)	Eine Anfahrt (hin und retour) wären 10 km, da aber die Anfahrt von 1 km Entfernung bei den Bodenbearbeitungsschritten mit eingerechnet ist, werden pro Anfahrt 2 km abgezogen. Es ergeben sich für einmal Anfahrt mit dem Schlepper 8 km. eigene Annahme: Zwei Personen machen die Arbeit an zwei Tagen, das sind 12,5 Akh pro Person. → zweimal Anfahrt mit dem Schlepper.
Bodenproben nehmen 8 Akh	Einmal Anfahrt PKW (10 km)	
Vorratsdüngung mit Schleuderstreuer 2 Mh. Schlepper je Düngevorgang	oLCA: 1,2 ha fertilizing by broadcaster Einmal Anfahrt mit Schlepper (10 – 2 = 8 km)	eigene Berechnung: laut Hauer et al. werden im Obstbau ca. 7,5 l Treibstoff für die Düngung von 1 ha benötigt, laut ecoinvent (Nemecek & Kägi 2007, S.189 ff.) sind es pro ha umgerechnet 6,3 l. Um auf den ecoinvent-Prozess an den Treibstoffverbrauch im Obst- und Weinbau anzugleichen werden daher 1,2 ha _e angenommen.
Abschleppen, Eggen (mit Grubber, Egge) 10 Mh. Schlepper	oLCA: 2,5 ha tillage, harrowing by rotary harrow + dreimal Anfahrt mit Schlepper (30 - 6 = 24 km)	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.191) werden für 1 ha „harrowing by rotary harrow“ (geauso wie beim Grubbern) 1,2 Stunden benötigt und 11 l Treibstoff pro Stunde verbraucht, das sind 13,2 l pro ha. Da aber im Weinbau laut Hauer et al. 2012, S.11) beim Grubbern (Eggen ist leider nicht angeführt) der durchschnittliche Verbrauch bei 11 l/ha liegt und Grubbern (laut ecoinvent) sogar ca. 5 l mehr pro ha braucht, wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass beim Prozess „Eggen“ maximal 11 l Treibstoff verbraucht werden. Das entspricht dann 0,8333 ha _e auf ecoinvent. Nachdem man für dreimal grubbern laut Richter (2010 138ff.) ca. 3 Stunden brauchen würde, wird davon ausgegangen, dass in den 10 Maschinenstunden dreimal geggt wird, das

		entspricht dann 0,833333 * 3 = 2,5 ha _e "tillage harrowing by rotary harrow"
Auszeilen (Schlepper und Anhänger) 1 Mh. Schlepper + 30 Akh.	oLCA: 1 ha tillage rolling without agricultural machinery Zweimal Anfahrt mit Schlepper (16 km)	eigene Annahme: Zwei Personen leisten die Arbeit an zwei Tagen, das sind 7,5 Stunden pro Person und Tag.
Pfropfreben zuschneiden und Paraffinieren 25 Akh	Zweimal Anfahrt PKW (20 km)	eigene Annahme: Zwei Personen verrichten die Arbeit an zwei Tagen und fahren mit dem PKW, das sind 12,5 Stunden pro Person.
Pflanzen 5 Akh+1 Mh + Anhänger	oLCA: 1 ha tillage rolling without agricultural machinery Einmal Anfahrt mit Schlepper (8 km)	ecoinvent-Prozess „planting“ geht pro ha von einem Dieserverbrauch von 16,8 kg aus. Da aber bei geringer Auslastung des 45 kW- Traktors laut Hauer et al. (2012) nur 3,3 l/h verbraucht werden, wird hier der Prozess „tillage rolling without agricultural machinery“ genommen.
Pflanzstäbe verteilen und stecken: 35 Akh + 1 Mh	oLCA: 1 ha tillage rolling without agricultural machinery Zweimal Anfahrt mit Schlepper (16 km)	eigene Annahme: 2 Personen (je 17,5 Akh) erledigen diese Arbeit an 2 Tagen, dann sind das nur zweimal Anfahrt mit dem Schlepper
Rebschützer anbringen: 35 Akh	Zweimal Anfahrt PKW (20 km)	eigene Annahme: 2 Personen machen das (je 17,5 h/Person) an zwei Tagen → zweimal Anfahrt mit PKW
Stickel anfahren, verteilen, schlagen: 40 Akh + 10 Mh + Anhänger	oLCA: 10 ha tillage rolling without agricultural machinery Dreimal Anfahrt mit Schlepper (24 km)	eigene Annahme: 2 Personen (je 20 Akh) erledigen die Arbeitsschritte an drei Tagen mit dem Schlepper, also nur dreimal Anfahrt mit Schlepper
Drähte ziehen: 40 Akh + 10 Mh + Anhänger	oLCA: 10 ha tillage rolling without agricultural machinery Dreimal Anfahrt mit Schlepper (24 km)	eigene Annahme: 2 Personen (je 20 Akh) verrichten diese Arbeitsschritte in drei Tagen mit dem Schlepper.

Endstichel verankern: 16 Akh + 2 Mh + Anhänger	oLCA: 2 ha tillage rolling without agricultural machinery Einmal Anfahrt mit Schlepper (8 km)	eigene Annahme: 2 Personen (je 8 Akh) fahren einmal mit dem Schlepper zum Weingarten.
Bewässerung legen: 30 Akh + 4 Mh Schlepper und Anhänger	oLCA: 4 ha tillage rolling without agricultural machinery Zweimal Anfahrt mit Schlepper (16 km)	4 ha „tillage rolling without agricultural machinery“, weil 4 Mh Schlepper Bagger wurde nicht berücksichtigt, weil bei oberirdischer Tropfbewässerung nicht notwendig. eigene Annahme: 30 Akh von 2 Personen in 2 Tagen erledigt → zweimal Anfahrt
Fünfmal Grubbern 15 Mh	oLCA: 3 ha tillage cultivating, chiselling Fünfmal Anfahrt mit Schlepper (50 km – 10 km = 40 km)	Hauer et al. (2012, S.11): Spritverbrauch beim Grubbern: 11 l/ha, ecoinvent: 18,48 l/ha => daher entsprechen 5 ha _r , nur 3 ha _e (exakt: 2,97 ha)
Dreimal von Hand hacken 45 Akh	Dreimal Anfahrt mit PKW (30 km)	eigene Annahme: 2 Personen verrichten diese Arbeitsschritte an drei Tagen (das sind je 7,5 Stunden pro Person und Tag) → dreimal Anfahrt mit PKW
Zweimal Ausbringung Pflanzenschutz mit Rückenspritze - 10 Akh	Zweimal Anfahrt mit PKW (20 km)	Rückenspritze eigene Annahme: Das wird von einer Person an zwei Tagen erledigt.
siebenmal Pflanzenschutz mit Schlepper und Anbausprüngerät - 14 Mh (also 2 Mh für einmal Pflanzenschutzmittelausbringung)	oLCA: 14,3 ha application of plant protection products + sechsmal Anfahrt mit Schlepper (60 – 12 = 48 km)	Laut Redl (2013) sollte es im durchschnittlich ausreichend sein, wenn dreimal Schwefel-, einmal Kupfer- und zweimal Phosphonsäure ausgebracht werden. Dementsprechend wird hier nur von sechsmal Pflanzenschutzmittelausbringung ausgegangen, das würde dann 12 Mh entsprechen. Es wird des Weiteren davon ausgegangen, dass Pflanzenschutzmittel nur im zweiten und im dritten Jahr der Neu/Junganlage ausgebracht werden. laut Hauer et al. (2012): maximal 5 l/ha _r Treibstoffverbrauch, laut Nemecek & Kägi (2007): 2,1 l/ha _e , daher $5/2,1 = 2,38$ ha _e pro einmal Pflanzenschutz. $2,38$ ha _e * 6 = 14,3 ha _e
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper Eigene Annahme und eigene Berechnung	oLCA: 6,56 ha tillage rolling	5 km einfach bzw. 10 km hin und retour, davon ist pro Strecke schon 1 km in den ecoinvent-Prozessen inkludiert. Bei 31 Anfahrten mit dem Schlepper sind das in Summe 31 Anfahrten * 8 km = 248 km angenommene Durchschnittsgeschwindigkeit: 30 km/h Der Dieselverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 44 kW bei etwa 3 l/h (Hauer et al. 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 248 km Distanz 8,26 Stunden, also insgesamt 24,8 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „tillage

		rolling“ werden 3,78 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 6,56 ha „tillage rolling“ .
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW	oLCA: 100 km operation, passenger car, diesel, fleet average	100 km (10-mal Anfahrt mit dem PKW – siehe „Arbeitsschritte in Neuanlage“)
PKW Produktion	oLCA: 0,0005 Stück passenger car	Aufgrund fehlender Daten bezüglich der Lebensdauer eines PKW in ecoinvent wird im Folgenden von einer Lebenszeit eines PKW von 200.000 km ausgegangen. Gefahrene Strecke: 100 km (siehe Arbeitsschritte in Neuanlage) 100 km/200000 km = 0,0005 Stück.
PKW Entsorgung	oLCA: disposal, passenger car: 0,0005 Stück	
Material für Neuanlage des Weingartens		
Pflanzgut (Pflanzreben) 4000 Stk/ha	oLCA: 100 km operation, van < 3,5 t	4000 Stk/25 Jahre/ha an Pflanzreben werden benötigt → das entspricht durchschnittlich 160 Stk/Jahr → eigene Annahme, dass für diese Produktion 16 Pflanzen benötigt werden, falls aus einer Rebe 10 Pflanzreben gemacht werden können Wenn 4000 Pflanzen 14000 kg Trauben produzieren, dann produzieren 16 Pflanzen 56 kg Trauben, also wäre das eine Ertragsminderung von 56 kg Trauben pro Jahr. Es wird davon ausgegangen, dass diese Menge nicht ins Gewicht fällt. Daher wird die Herstellung der Pflanzreben in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, nur der Transport von einer Rebschule zum Weingarten über angenommene 100 km (Hin- und Rückfahrt).
Pflanzstäbe, Metall 4000 Stk/ha Richter (2010, S.136)	oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 1596 kg steel product manufacturing, average metal working: 1596 kg zinc coating, pieces: 0,01231504 ha	In Richter (2010, S.136) wird nicht beschrieben, welche Maße die Pflanzstäbe haben, daher wurden folgende Abmessungen angenommen: Pflanzstab Artikelnummer s71400 der Firma Weis (2015) Länge: 140 cm, Durchmesser: 7 mm, Gewicht pro 100 Stück 39,9 kg → für 4000 Stück sind das 1596 kg niedriglegierter Stahl (Gewinnung und Verarbeitung) und 123,1504 m² verzinkte Oberfläche Berechnung der Verzinkung: Durchmesser ist 7 mm=> Radius ist 3,5 mm. Mantel eines Zylinders ist:

		<p>Höhe mal Umkreis = $2 * r * \pi * \text{Höhe}$ $= 2 * 0,0035 \text{ m} * \pi * 1,4 = 0,03079 \text{ m}^2$ $0,03079 \text{ m}^2 \text{ mal } 4000 \text{ Stück sind } 123,1504 \text{ m}^2$</p>
<p>Stickel aus Metall Voest Typ 60 fv Top 2,7 m 1300 Stk/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 4750,2 kg steel product manufacturing, average metal working: 4750,2 kg zinc coating, pieces: 0,07007 ha</p>	<p>Der Steher „Typ 60 /2,75 m“ wiegt laut der Firma Weis (2015) 5,22 kg pro Stück. Für 1300 Stück ergibt das 6786 kg niedriglegierter Stahl. Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden. $6786 \text{ kg} * 0,7 = 4750,2 \text{ kg}$ Berechnung der Verzinkung: Stickel sind U-förmig. Umfang: $2 * (4 \text{ cm} + 6 \text{ cm} + 4 \text{ cm})$ und je 2,75 m lang. $4 * 0,04 \text{ m} * 2,75 \text{ m} + 2 * 0,06 \text{ m} * 2,75 \text{ m} = 0,77 \text{ m}^2$ Verzinkung pro Stickel $0,77 \text{ m}^2 * 1300 \text{ Stk} = 1001 \text{ m}^2$ oder 0,1001 ha $0,1001 \text{ ha} * 0,7 = 0,07007 \text{ ha}$</p>
<p>Endstickel aus Metall Voest Typ 90 fv End 2,7m 100 Stk/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 670,6 kg steel product manufacturing, average metal working: 670,6 kg zinc coating, pieces: 0,00693 ha</p>	<p>Der Steher „Typ 90 /2,75 m“ wiegt laut der Firma Weis (2015) 9,58 kg pro Stück. Für 100 Stück ergibt das 958 kg niedriglegierter Stahl. Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden. $958 \text{ kg} * 0,7 = 670,6 \text{ kg}$ Berechnung der Verzinkung: Stickel sind U-förmig. Umfang: $2 * (6 \text{ cm} + 6 \text{ cm} + 6 \text{ cm})$ und je 2,75 m lang (Voestalpine Krems GmbH, s.a., S. 9). $0,06 \text{ m} * 2,75 \text{ m} * 3 * 2 = 0,99 \text{ m}^2$ pro Stück, also $99 \text{ m}^2 = 0,0099 \text{ ha}$ für 100 Stück $0,0099 \text{ ha} * 0,7 = 0,00693 \text{ ha}$</p>
<p>Draht Zink-Alu 2,5mm 10364 m 400 kg/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>oLCA: 380 kg zinc, from combined metal production, at beneficiation 20 kg aluminium, production mix, at plant wire drawing, steel: 400 kg</p>	<p>Der Zink-Alu-Draht der Firma Weis (2015), der nach eigener Annahme zur Berechnung herangezogen wird, besteht zu 95 % aus Zink und zu 5 % aus Aluminium. Das entspricht bei 400 kg Draht 380 kg Zink und 20 kg Aluminium.</p>
<p>Draht Zink-Alu 2,0 mm</p>	<p>oLCA:</p>	<p>Der Zink-Alu-Draht der Firma Weis (2015), der nach eigener Annahme zur Berechnung</p>

<p>20245m 500 kg/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>475 kg zinc, from combined metal production, at benification 25 kg aluminium, production mix, at plant wire drawing, steel: 475 kg</p>	<p>herangezogen wird, besteht zu 95 % aus Zink und zu 5 % aus Aluminium. Das entspricht bei 500 kg Draht 475 kg Zink und 25 kg Aluminium.</p>
<p>Drahtspanner 300 Stk/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 25,2 kg steel product manufacturing, average metal working: 25,2 kg zinc coating, pieces: 0,000288 ha</p>	<p>Zur Berechnung werden Drahtspanner der Firma Gust. Alberts GmbH & Co (2011) herangezogen. Material: Stahl roh, Oberfläche: feuerverzinkt Laut Gust. Alberts GmbH & Co (2011) wiegt ein Drahtspanner (Artikelnummer 611101) je Stück 0,084 kg. Für 300 Stück sind das 25,2 kg niedriglegierter Stahl und 0,000288 ha Verzinkung</p> <p>Berechnung Verzinkung: geschätzte Maße: 10 cm lang, 2 cm breit, ca. 2 cm hoch $0,12 \text{ m} * 0,02 \text{ m} * 4$ (weil innen und außen verzinkt) = $0,0096 \text{ m}^2$ pro Stück, mal 300 Stück sind das $2,88 \text{ m}^2$</p>
<p>Stabanker 100 Stk/ha Richter (2010, S.136)</p>	<p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 43,1 kg steel product manufacturing, average metal working: 43,1 kg zinc coating, pieces: 0,00024 ha</p>	<p>Zur Berechnung wird der Stabanker mit der Artikelnummer 708010 der Firma Weinbergsbedarf Eugen Weis (Weis 2014) mit folgenden Maße herangezogen: Länge: 700 mm Breite: 10 mm Scheibe am unteren Ende: 80 mm Durchmesser. Eigene Berechnung laut Stahlrechner (Westfälische Stahlgesellschaft 2014): 0,431 kg pro Stück bzw. 43,1 kg niedriglegierter Stahl für 100 Stk und 0,00024 ha Verzinkung</p> <p>Berechnung Verzinkung: Stab: $2 * 0,005 \text{ m} * \pi * 0,7 \text{ m} = 0,021991 \text{ m}^2$ Scheibe am unteren Ende (eigene Annahme: 2mm dick): $2 * 2 * 0,08 \text{ m} * \pi * 0,002 \text{ m} = 0,002011 \text{ m}^2$ in Summe pro Stück: $0,024002 \text{ m}^2$ für 100 Stück: $2,4002 \text{ m}^2$</p>
<p>Entsorgung der Metallteile fällt weg, da angenommen wird, dass sie nach ihrer Verwendung zum Altmetall kommen und dort als Rohstoff wieder weiterverwendet</p>		

werden.		
Einzelrebschützer 4000 Stk/ha Richter (2010, S.136)	oLCA: 60 kg HDPE granulate, at plant 60 kg extrusion plastic film	eigene Annahme: Ein Einzelrebschützer (Polyethylenetz) mit 50 cm Höhe wiegt laut Rudolf Klojer GmbH. (s.a.) 15 g/Stück $0,015 * 4000 \text{ Stk} = 60 \text{ kg}$
eigene Annahme: Hagelschutznetz 1 ha	oLCA: 1155 kg HDPE granulate, at plant 1155 kg extrusion plastic film	eigene Annahme: Maschenweite: 3x8 mm Gewicht: 44 g/m ² Maß: 3 m * 200 m (Agroflor Kunststoff GmbH s.a.) Annahme: 50 Zeilen je 100 m sind 5000 m Zeilen, die mit Netz überzogen werden: das sind 5000 mal 3 m Netz oder 15000 m ² Netz, das entspricht einem Gewicht von 15000 m ² * 44 g = 660 kg HDPE Monofilament Im hypothetischen Referenzbetrieb R wird von einer Lebensdauer des Netzes von 20 Jahren ausgegangen. Daher wird der Wert bei einer geschätzten Lebensdauer des Weingartens von 35 Jahren mit Faktor 1,75 multipliziert: $660 \text{ kg} * 1,75 = 1155 \text{ kg}$
eigene Annahme: Entsorgung der Einzelrebschützer und der Netze		eigene Annahme: Es wird davon ausgegangen, dass die Hagelschutznetze recycelt werden.
Transport der Metallteile , der Rebschützer und der Hagelschutznetze zum Betrieb	oLCA: transport, lorry 16-32t, EURO5: 460,005 tkm	Laut Huber Spedition GmbH (s.a.) hat ein LKW mit 26 t Eigengewicht 18000 kg Nutzlast. eigene Annahme: ca. 50 km Entfernung. Insgesamt: 9,2001 t Material = > $= 9,2001 \text{ t} * 50 \text{ km} = 460,005 \text{ tkm}$
Tropfbewässerung		
Tropfschlauch	oLCA: 1456 kg synthetic	Tegum – Ecodrop Tropfschlauch aus Recyclinggummi mit 16 mm Innendurchmesser wiegt laut

5200 m/ha 13 Stück 400 m-Rolle Richter (2010, S.136)	rubber, at plant	Tegum AG (s.a.) 0,14 kg/m => 5200 m * 0,14 = 728 kg. Da angenommen wird, dass der Schlauch einmal in 35 Jahren erneuert werden muss: 728 kg * 2 = 1456 kg
Wasserverbrauch (Richter 2010, S.145)	800 000 Liter /ha	
Für Querleitung (100 m): baggern Richter (2010, S.136)	oLCA: 25 m³ excavation, hydraulic digger	=> eigene Annahme: das Rohr verläuft 50 cm unter der Erde: Aufgraben von 0,5 m * 0,5 m * 100 m → 25 m³ Erde
Für Querleitung: PE-Rohr 40/4,3 mm Richter (2010, S.136)	47,5 kg polyethylene, LDPE, granulate, at plant 47,5 kg extrusion, plastic pipes	Länge: 100 m/ha Laut Otto H. Meyer Gmbh & Co. KG (s.a.) wiegt ein LDPE-Rohr mit den Maßen 4,3 * 40 mm 0,475 kg/m → für 100 m sind das 47,5 kg LDPE Rohr + Extrudieren
Für Querleitung: Gummistopfen 25 Stk/ha Richter (2010, S.136)	3 kg synthetic rubber, at plant	eigene Annahme: eigene Annahme: 60 g/Stück 60 g * 25 = 1,5 kg bzw. in 25 Jahren unter der Annahme, dass Gummiteile einmal in 25 Jahren getauscht werden: 3 kg
Für Querleitung: Schlauch ohne Tropfer 50 m/ha Richter (2010, S.136)	oLCA: 14 kg synthetic rubber at plant	Der Tegum – Schlauch aus Recyclinggummi mit 16 mm Innendurchmesser wiegt 0,14 kg/m (Tegum AG (s.a.) Für 50 m sind das 7 kg Gummischlauch , mal 2 sind 14 kg
Herstellung - Pumpe	26 kg steel, low-alloyed, at plant 26 kg steel product manufacturing, average metal working	eigene Annahme: Pumpe besteht aus niedriglegiertem Stahl und wiegt laut RWA Raiffeisen Ware Austria Aktiengesellschaft (s.a.) 26 kg.
Pumpe – Betrieb – Stromverbrauch	oLCA: 1667,3688 MJ electricity mix, electricity/supply mix	Wenn die Förderleistung bei 11400 l/h liegt und 800000 l Wasser/ha/a verbraucht werden, läuft die Pumpe 70,17544 Stunden pro Jahr. Multipliziert mit 2,2 kW sind das dann 154,386 kWh = 555,7896 MJ in drei Jahren sind das 1667,3688 MJ Eigene Annahme, dass die OKAY Bewässerungspumpe WPR 12000 mit folgenden technischen

		<p>Daten verwendet wird:</p> <p>Motor: Elektro 400 V Motorleistung: 2.200 Watt = 2,2 kW Gewicht: 26 kg max. Fördermenge: 11.400 l/h max. Förderhöhe: 55 m max. Ansaughöhe: 9 m Pumpengehäuse: Spezialguss Pumpenrad: HL-Messing max. Druck: 5,5 bar</p>
Transport aller Inputs zum Betrieb	50 km * 1,5465 t= 77,325 tkm transport lorry 3,5 – 7,5 t EURO 5	eigene Annahme: Alle Materialien zur Bewässerung werden ca. 50 km transportiert (vom nächsten Lieferant); Transport mit „transport lorry 3,5-7,5t EURO 5“
Entsorgung bzw. Recycling aller PE-Teile der Bewässerungsanlage	Insgesamt 47,5 kg LDPE	eigene Annahme: Gummi und Metallteile werden recycelt
Input – Düngung in der Neuanlage/Junganlage		
Einsaat Dauerbegrünung – Kleeegrasmischung	Insgesamt 30 kg/ha (Richter 2010, S.138ff.) davon:	
Saatgut Klee 15 kg/ha	oLCA: clover seed IP, at regional storehouse: 15 kg	
Saatgut Gras 15kg/ha	grass seed IP, at regional storehouse: 15 kg	
Stickstoffeintrag durch Deposition	19,65 kg Stickstoffeintrag aus der Luft	Laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha. In drei Jahren entspricht das 19,65 kg/ha.
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	149,625 kg	49,875 kg/ha/a In drei Jahren entspricht das 149,625 kg/ha
eigene Annahme: Kalium - Vorratsdüngung	oLCA: 460 kg K₂O	Laut Wunderer et al. (2003, S.49) werden bei ausreichender Gehaltsstufe (Stufe C) auf leichtem Boden: 230 kg K (280 kg K ₂ O)

		<p>auf mittelschwerem Boden: 315 kg K (380 kg K₂O) auf schwerem Boden: 400 kg K (480 kg K₂O) gebraucht, bei niedriger Gehaltsstufe (Stufe B) auf leichten Böden 300 kg Kalium (entspricht 360 kg K₂O), auf mittelschwerem Boden 380 kg Kalium (entspricht 460 kg K₂O) und auf schwerem Boden 470 kg Kalium (560 kg K₂O)</p> <p>eigene Annahme für dieses Modell: Niedriger Gehalt, mittelschwerer Boden: 380 kg K (460kg K₂O)</p>
eigene Annahme: Phosphor - Vorratsdüngung	oLCA: 150 kg triple superphosphate	<p>Laut Wunderer et al. (2003, S.49) werden bei niedriger Gehaltstufe (Stufe B) 75 kg P (entspricht 150 kg P₂O₅) gebraucht, bei ausreichender Gehaltsstufe (Stufe C): 35 kg P (75 kg P₂O₅) eigene Annahme: niedrige Gehaltsstufe: 75kg P (150kg P₂O₅)</p>
Output-Dünger in der Neuanlage/ Junganlage		Berechnungen siehe Anhang G
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 11,2106049 kg N₂O	<p>Nemecek & Kägi (2007, S.36): $N_2O = 44/28 * (0,0125 (N_{available} - 14/17 * NH_3 + N_{cropresidues} + 0,6 N_{biological\ fixation}) + 0,01 * 14/17 * NH_3 + 0,025 * 14/62 * NO_3)$ 11,2106049 kg N₂O/ha/3 Jahre</p>
NO ₃ in Boden bzw. Grundwasser	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 184,774845 kg NO₃	184,774845 kg NO ₃ /ha/3 Jahre
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 2,35422703 kg NO_x	2,35422703 kg NO _x /ha/3 Jahre
Phosphor	0,644 kg PO₄/ha/3 Jahre ins Grundwasser	<p>Folgende Werte entsprechen Durchschnittswerte und wurden nicht spezifisch errechnet. Laut Prasuhn (2006, S.4ff.) kommt es bei durchschnittlichem Boden und keinem Wirtschaftsdüngereinsatz zu 0,07 kg P - Auswaschung/ha/a ins Grundwasser, das entspricht 0,21 kg P/ha/3 Jahre, oder durch 0,326 dividiert 0,644 kg PO₄</p> <p>Da bei der Vorratsdüngung der Dünger in tiefere Schichten eingearbeitet wird, wird von keinem Oberflächenabfluss ausgegangen.</p>

Schwermetalle	<p>oLCA: Cadmium: 150 mg Kupfer: 10800 mg Zink: 99000 mg Blei: 1800 mg Chrom: 63600 mg Quecksilber: 3,9 mg</p> <p>ins Grundwasser</p>	<p>Auswaschung ins Grundwasser: Cadmium (50mg/ha/a) → 150 mg für drei Jahre Kupfer (3600mg/ha/a) → 10800 mg für drei Jahre Zink (33000mg/ha/a) → 99000 mg für drei Jahre Blei (600mg/ha/a) → 1800 mg für drei Jahre Nickel (n.a.mg/ha/a) Chrom (21200mg/ha/a) → 63600 mg für drei Jahre Quecksilber (1,3mg/ha/a) → 3,9 mg für drei Jahre (Freiermuth 2006, S.13 und S.20)</p>
Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage - Input		<p>Da eine Neuanlage in einem angenommen 25 Jahre existierenden Betrieb 3 Jahre lang Neuanlage ist, und aber alle Neuanlagen-Prozesse am Ende durch 25 dividiert werden, werden alle Pflanzenschutzmittel in- und Outputs auf drei Jahre gerechnet.</p> <p>Die folgenden für den Pflanzenschutz verwendeten Inputfaktoren basieren auf Informationen aus einem Interview mit Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Redl (2013).</p>
Schwefel	<p>oLCA: 36 kg secondary sulphur</p>	<p>Laut Redl (2013) werden ca. 12 kg Schwefel/ha/a bei 4 Spritzungen gebraucht. 12 kg /ha/a sind in drei Jahren 36 kg.</p>
Phosphonsäure oder Metiram	<p>oLCA: 9,072 kg TSP (triple superphosphate, as P₂O₅, at regional storehouse)</p>	<p>Laut Redl (2013) werden etwa 6 l Phosphonsäure/ha/a benötigt. Laut Kühne & Friedrich (2010, S.13) entspricht ein Liter phosphoriger Säure 504 Gramm => 6 Liter sind dann 3,024 kg</p> <p>In drei Jahren sind das 3,024 kg * 3 = 9,072 kg</p> <p>Da auf ecoinvent kein Datensatz für Phosphonsäure existiert, wurde der Phosphordünger triple superphosphate angenommen.</p>
Kupfer	<p>oLCA: 3 kg copper, at regional storage (für drei Jahre 3 kg)</p>	<p>Obwohl er es aufgrund negativer Geschmacksbeeinflussung der Trauben nicht empfehlen würde und ein zugelassenes Caa-Präparat vorziehen würde, kann laut Redl (2013) für die Berechnung eines theoretischen Modells von der Verwendung von 1 kg Kupfer/ha ausgegangen werden.</p> <p>Laut AGES-Pflanzenschutzmittelregister sind beim Präparat „cuprofor flüssig“ maximal 4 Liter pro ha pro Jahr erlaubt. Ein Liter enthält 500 g Kupfer, also 2 kg Kupfer pro ha pro Jahr</p>
Pflanzenschutz in der Neuanlage/ Junganlage - Output		

Kupfer	oLCA: 2,850 kg Kupfer Bodenemissionen	Laut der Formel von (Freiermuth 2006, S.20) zur Auswaschung von Kupfer und Zink aus Pflanzenschutzmitteln: $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff } i} \cdot p_{\text{Wirkstoff } i} \cdot 0.95$ kann angenommen werden, dass 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln in den Boden ausgewaschen und 5 % von der Pflanze aufgenommen werden. Das entspricht bei 1 kg Kupfer pro Jahr einer Anreicherung von 950 g Kupfer /Jahr im Boden und 2,850 kg in drei Jahren.
Schwefel	oLCA: 0,72 kg Schwefel/ Luftemissionen, unspezifiziert 1,726 kg SO₄ Wasseremissionen/ Grundwasser 34,704 kg Schwefel Bodenemissionen/ Landwirtschaft	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen. 1,6 % von 36 kg = 0,576 kg Schwefel gelangen ins Grundwasser 2 % von 36 kg = 0,72 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4 % von 36 kg = 34,704 kg Schwefel
Phosphonsäure bzw. TSP	Die Auswaschung ins Grundwasser wurde schon bei der Vorratsdüngung berücksichtigt, daher hier nicht noch einmal oLCA: 1,622604294 kg PO₄/ha/3 Jahre Oberflächenabfluss	Oberflächenabfluss laut Prasuhn (2006, S.13); Ausgangswert wird mit verschiedenen Faktoren multipliziert. (Düngungsfaktor wird laut folgendermaßen berechnet: $1 + (1,2 - 1) \cdot \text{P}_2\text{O}_5\text{-Gehalt Mineraldünger in kg P}_2\text{O}_5/\text{ha und Jahr}/80 + (1,7 - 1) \cdot \text{P}_2\text{O}_5\text{-Gehalt Gülle in kg P}_2\text{O}_5/\text{ha und Jahr}/80 + (1,4 - 1) \cdot \text{P}_2\text{O}_5\text{-Gehalt Mist in kg P}_2\text{O}_5/\text{ha und Jahr}/80$) Für das vorliegende Modell wäre das: Ausgangswert für Rebbau: 0,175 kg P/ha (Prasuhn 2006, S.9), als Risikoklasse wird 3 angenommen (Mittelwert) Düngungsfaktor: $1 + (1,2 - 1) \cdot 3,024 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ (pro Jahr)}/80 = 1,00756 \text{ kg}$ $1,00756 \cdot 0,175 = 0,176323 \text{ kg P/ha} \rightarrow$ mal drei Jahre: 0,528969 kg P/ha in 3 Jahren, in PO ₄ umgerechnet sind das: $0,528969/0,326 = 1,622604294 \text{ kg}$
<u>Ertragsanlage</u>		
Maschinenpark – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen durch Lebensdauer (in Maschinenstunden) dividiert mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher

		nicht gesondert berechnet.
Anhänger 11 h (Richter 2010, S.142f.)	oLCA: 6,416666 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H 700 kg, Muldeninhalt ca. 2600 l, Nutzlast 2000 kg Nutzungsdauer laut Hauer et al. (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden 700 kg * 11 h/3000 h = 6,416666 kg
Bewässerung in Ertragsanlage:		
Pumpe – Betrieb – Stromverbrauch	oLCA: 555,7896 MJ electricity mix, electricity/supply mix	Wenn die Förderleistung bei 11400 l/h liegt und 800000 l Wasser/ha/a verbraucht werden, läuft die Pumpe 70,17544 Stunden pro Jahr. Multipliziert mit 2,2 kW sind das dann 154,386 kWh = 555,7896 MJ Eigene Annahme, dass die OKAY Bewässerungspumpe WPR 12000 mit folgenden technischen Daten verwendet wird: Motor: Elektro 400 V Motorleistung: 2.200 Watt = 2,2 kW Gewicht: 26 kg max. Fördermenge: 11.400 l/h max. Förderhöhe: 55 m max. Ansaughöhe: 9 m Pumpengehäuse: Spezialguss Pumpenrad: HL-Messing max. Druck: 5,5 bar (RWA Raiffeisen Ware Austria Aktiengesellschaft s.a.)
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Ertragsanlage Daten nach Richter (2010, S.142ff.)		Da eine einfache Fahrt auf dem Feld mit dem Traktor bei ecoinvent nicht existiert wurde der Prozess „tillage rolling“ („Bodenbearbeitung, Walzen“) für all jene Prozesse genommen, bei der der Traktor im Weingarten im Einsatz ist, weil es eine leichte Form Bodenbearbeitung ist und der einfachen Traktorfahrt somit am nächsten kommt. Laut Nemecek und Kägi (2007, S.190) schafft man das Walzen von 1 ha in 0,9 Stunden (also ca. 1 Stunde für einen Hektar) und der Dieserverbrauch liegt bei 4,2 Liter/Stunde (Nemecek& Kägi 2007, S.193) Laut Hauer et al. (2012, S.12) braucht ein 45 kW-Traktor bei geringer Auslastung des Motors 3 l/h. Wenn davon ausgegangen wird, dass sich der Weingarten an einem Hang befindet, kommt man mit den 0,9 Stunden mal 4,2 Litern auf etwas mehr als 3 l Diesel-Verbrauch/ha.
Rebschnitt, Handschere 90 Akh	7 x Anfahrt mit PKW (70 km)	30 Akh im Januar = 2 * 15 Akh = 2 Tage mit je 7,5h

		<p>20 Akh im Februar = 2 * 10 Akh = 2 Tage mit je 5 h</p> <p>30 Akh im März = 2 * 15 Akh = 2 Tage mit je 7,5 h</p> <p>10 Akh im Dezember = 2 * 5 Akh = 1 Tag mit 5h</p> <p>Summe: 7 Tage oder 7-mal Anfahrt mit PKW</p>
Biegen 30 Akh (15 im März, 15 im April)	2x Anfahrt mit PKW (20 km)	eigene Annahme: 2 Personen mit je 15 Akh schaffen das in 2 Tagen
Rebholz häckseln mit Schlepper und Schlegelmulcher 2 Mh (März)	mulching: 2,8708 ha einmal Anfahrt mit Schlepper (8 km)	<p>openLCA: Der ecoinvent-Datensatz geht von 1,1 Stunden bei Dieserverbrauch von 3,8 l/h für 1 ha Mulchen aus (das sind 4,18 l für 1 ha).</p> <p>Laut Hauer et al. (2012) werden für 1 ha Mulchen aber 12 l verbraucht.</p> <p>Das wären dann umgerechnet 2,8708 ha_e für 1 ha_r.</p>
Drahtanlage ausbessern 1 Mh + 10 Akh (März)	oLCA: 1 ha tillage, rolling einmal Anfahrt mit Schlepper (8 km)	
Ausbrechen von Hand 15 Akh (Mai)	1x Anfahrt mit PKW (10km)	eigene Annahme: 2 Personen mit je 7,5 Akh an einem Tag.
Pflanzenschutz 6-mal (laut Redl 2013)	oLCA: 14,3 ha application plant protection products 6-mal Anfahrt mit Schlepper (48 km)	<p>Schlepper (6-mal Pflanzenschutz)</p> <p>Berechnung: laut Hauer et al. (2012): maximal 5 l/ha Treibstoffverbrauch, laut Nemecek & Kägi (2007): 2,1 l/ha, daher $5/2,1 = 2,38$ ha_e pro einmal Pflanzenschutz. $2,38 \text{ ha}_e * 6 = 14,3 \text{ ha}_e$</p>
Mulchen und Mineraldüngung mit Mulchgerät und Kastenstreuer 2 Mh. (Juli)	oLCA: 2,8708 ha mulching einmal Anfahrt mit Schlepper (8 km)	<p>oLCA: Der ecoinvent-Datensatz geht von 1,1 Stunden bei Dieserverbrauch von 3,8 l/h für 1 ha Mulchen aus (das sind 4,18l für 1ha).</p> <p>Laut Hauer et al. (2012) werden für 1 ha Mulchen aber 12 l benötigt.</p> <p>Das wären dann umgerechnet 2,8708 ha_e für 1 ha_r Mulchen.</p>
Mulchen und Laubschnitt von Hand (2x) insgesamt 30 Akh	zweimal Anfahrt mit PKW (20 km)	<p>15 Akh (Juni)</p> <p>15 Akh (Juli)</p> <p>eigene Annahme: 2 Personen machen das an einem Tag im Juni, und an einem Tag im Juli.</p>
Laubarbeiten von Hand (35 Akh)	dreimal Anfahrt mit PKW (30 km)	<p>10 Akh Mai</p> <p>15 Akh Juni</p>

		10 Akh Juli eigene Annahme: 2 Personen fahren einmal im Mai, einmal im Juni und einmal im Juli
Entblättern einseitig von Hand (25 Akh)	2 x Anfahrt mit PKW (20 km)	25 Akh Juni eigene Annahme: 2 Personen (je 12,5 Akh) machen das an 2 Tagen.
Ertragsregulierung/ Einzelstellen (50 Akh)	3 x Anfahrt mit PKW (30 km)	50 Akh Juni eigene Annahme: 2 Personen (je 25 Akh) machen das an 3 Tagen.
Ernte, Aufbereitung 50 kg/h mit Schlepper, Anbautransportbehälter und Anhänger 10 Mh und 300 Akh 80 August; 140 September; 80 Oktober; Annahme: 3 Mh im August, 4 Mh im September, 3 Mh im Oktober	oLCA: 10 ha tillage, rolling 20-mal Anfahrt mit Schlepper (160 km)	Es wird davon ausgegangen, dass mit der Hand geerntet wird, wobei die benötigten Akh wie folgt verteilt angenommen werden. 300 Akh sind ca. 38 Arbeitstage an 20 Tagen - 2 Personen, können auf einem Schlepper mitfahren.
Heften/Hefdrahtfedern (15 Akh)	1x Anfahrt mit PKW (10km)	15 Akh Juni eigene Annahme: 2 Personen schaffen das an einem Tag
		Summe: openLCA: Tillage rolling: 11 ha, mulching: 5,7416 ha, application of plant protection products: 14,3 ha Akh: 626 Anfahrt Schlepper: 232 km für insgesamt 29-mal Anfahrt Anfahrt PKW: 210 km für 21-mal Anfahrt
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit dem Schlepper	oLCA: 6,14 ha tillage rolling	5 km einfach bzw. 10 km hin und retour, davon ist pro Strecke schon 1 km in den ecoinvent-Prozessen inkludiert. Bei 29 Anfahrten mit dem Schlepper sind das in Summe 29 Anfahrten * 8 km = 232 km angenommene Durchschnittsgeschwindigkeit: 30 km/h Der Dieserverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 44 kW bei etwa 3 l/h (Hauer et al. 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 232 km Distanz 7,733 Stunden, also insgesamt 23,2 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „tillage rolling“ werden 3,78 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 6,14 ha „tillage rolling“ .

Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit dem PKW	oLCA: operation, passenger car, diesel, fleet average: 210 km	eigene Annahme: Der Weingarten ist ca. 5 km vom Wohnort des Betriebsleiters entfernt.
PKW Produktion	oLCA: 0,00105 Stück passenger car	angenommene Lebensdauer eines PKW: 200.000 km 210 km/200.000 km => 0,00105 Stück
PKW Entsorgung	oLCA: disposal, passenger car: 0,00105 Stück	s.o.
Düngung in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		Laut Ziegler (2011, S.40) ist im 1. und 2. Jahr keine Düngung erforderlich
eigene Annahme: Stickstoff (Ammonium 24 Harnstoff Lösung)	oLCA: 32,174 kg ammonium nitrate, as N, at regional storehouse	angenommener Bedarf: 40 kg N /ha (Ziegler 2011, S.11) 7,826 kg Stickstoff werden schon bei der Phosphordüngung (Diammoniumphosphat) ausgebracht, daher werden ergänzend 32,174 kg Stickstoff in Form von Ammoniumnitrat hinzugefügt.
eigene Annahme: Phosphor als P ₂ O ₅	oLCA: 43,48 kg diammonium phosphate, at regional storehouse	angenommener Bedarf: 15 - 25 kg P ₂ O ₅ /ha (Ziegler 2011, S.17) Für die Phosphordüngung wird der ecoinvent-Prozess „diammonium phosphate, at regional storehouse) (Pölz 2014) verwendet. 1 kg Diammoniumphosphat enthält 46 % P ₂ O ₅ und 18 % Stickstoff. Für 20 kg P ₂ O ₅ ist daher der Einsatz von 43,48 kg Diammoniumphosphat nötig. In dieser Menge sind 7,826 kg Stickstoff enthalten.
eigene Annahme: Kali K ₂ O	oLCA: 70 kg K₂O potassium chloride, as K₂O, at regional storehouse	angenommener Bedarf: 60 - 80 kg K ₂ O/ha (Ziegler 2011, S.17)
eigene Annahme: Magnesium MgO	oLCA: 25 kg magnesium oxide, at plant	angenommener Bedarf: 20 - 30 kg/ha (Ziegler 2011, S.17)
eigene Annahme: Bor (in Form von Borax)	oLCA: 1,875 kg borax, anhydrous, powder, at plant	0,1 kg Bor/ha * a oder in Form von Borax laut Ziegler (2011, S.40): Ausbringen von Borax (5 – 10 kg/ha alle 3 bis 5 Jahre); das sind im Durchschnitt 7,5 kg alle 4 Jahre 7,5 kg/4 a = 1,875 kg/a

Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 6,55 kg nitrogen	laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	oLCA: 35,625 kg nitrogen	35,625 kg N/ha/a
Düngung in Ertragsanlage - Output		genaue Berechnung siehe Anhang G
NO ₃ ins Wasser	oLCA: 61,591615 kg NO₃	
PO ₄ ins Wasser	oLCA: 0,2147 kg PO₄ ins Grundwasser 0,56365 kg PO₄ in Oberflächen-gewässer	<p>Folgende Werte entsprechen Durchschnittswerte und wurden nicht spezifisch errechnet. Laut Prasuhn (2006, S.4ff.) kommt es bei durchschnittlichem Boden und keinem Wirtschaftsdüngereinsatz zu 0,07 kg P - Auswaschung/ha/a ins Grundwasser, das entspricht 0,2147 kg PO₄ (0,07 kg/0,326 kg)</p> <p><u>Berechnung des Oberflächenabflusses:</u> Multiplikation von Ausgangswert und Düngungsfaktor. (Berechnung des Düngungsfaktors laut Prasuhn (2006, S.13) mit folgender Formel: $1 + (1,2 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Mineraldünger in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr}/80 + (1,7 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Gülle in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr }/80 + (1,4 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Mist in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr }/80$)</p> <p>Ausgangswert ist laut Prasuhn (2006, S.9): 0,175 kg P/ha Düngungsfaktor: $1 + (1,2 - 1) * 20/80 = 1,05$ das ergibt: $0,175 * 1,05 = 0,18375 \text{ kg P/ha/a}$ oder $0,56365 \text{ kg PO}_4/\text{ha/a}$</p>
N ₂ O	3,7368683 kg N₂O	<p>Nemecek & Kägi (2007, S.36) ziehen zur Berechnung der Lachgasemissionen folgende Formel heran: $N_2O = 44/28 * (0,0125 (N_{\text{available}} - 14/17 * NH_3 + N_{\text{cropresidues}} + 0,6 N_{\text{biological fixation}}) + 0,01 * 14/17 * NH_3 + 0,025 * 14/62 * NO_3)$</p>
NO _x in die Luft	0,78474234 kg NO_x/ha/a	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.36) sind das $0,21 * N_2O$ Emissionen 0,78474234 kg NO _x /ha/a
NH ₃ in die Luft	oLCA: 0,8 kg NH₃/ha/a	Laut Nemecek & Kägi (2007) wird mit dem Emissionsfaktor von 2 % N bei Ausbringung von Ammoniumnitrat und 4 % bei Multi-Nährstoffpräparaten (z.B. NPK-Düngern) multipliziert.

		Bei 40 kg Ammoniumnitrat, die wie zuvor angenommen ausgebracht werden, entsprechen 2 % einer Emission von 0,08 kg NH ₃ in die Luft.
Schwermetallaustrag ins Grundwasser	oLCA: Cadmium (50 mg/ha/a) Kupfer (3600 mg/ha/a) Zink (33000 mg/ha/a) Blei (600 mg/ha/a) Chrom (21200 mg/ha/a) Quecksilber (1,3 mg/ha/a)	(Freiermuth 2006, S.13 und S.20)
Pflanzenschutz in der Ertragsanlage - Input		
Schwefel	oLCA: 12 kg secondary sulphur	Laut Redl (2013) werden ca. 12 kg Schwefel/ha/a bei 4 Spritzungen gebraucht.
Phosphonsäure oder Metiram	oLCA: 5,07 kg phosphorous chloride, at plant	Laut Redl (2013) werden etwa 6 l Phosphonsäure/ha/a benötigt. Laut Kühne und Friedrich (2010, S.13) entspricht ein Liter phosphoriger Säure 504 Gramm => 6 Liter sind dann 3,024 kg. Phosphonsäure (H ₃ PO ₃) wird aus Phosphortrichlorid (PCl ₃) hergestellt. Auf ecoinvent existiert kein Datensatz für Phosphonsäure, aber einer für Phosphortrichlorid. Daher wird, um zumindest annähernd eine Entsprechung zu finden, der ecoinvent-Prozess „phosphorous chloride“ verwendet. Molekulargewicht H ₃ PO ₃ : 82 Molekulargewicht PCl ₃ : 137,5 3,024 kg H ₃ PO ₃ entsprechen demnach 5,07 kg PCl₃
Kupfer	oLCA: 1 kg Kupfer	Obwohl er es aufgrund negativer Geschmacksbeeinflussung der Trauben nicht empfehlen würde und ein zugelassenes Caa-Präparat vorziehen würde, kann laut Redl (2013) für die Berechnung eines theoretischen Modells von der Verwendung von 1 kg Kupfer/ha ausgegangen werden. Laut AGES-Pflanzenschutzmittelregister sind beim Präparat „cuprofor flüssig“ maximal 4 Liter pro ha pro Jahr erlaubt. Ein Liter enthält 500 g Kupfer, also 2 kg Kupfer pro ha pro Jahr.
Pflanzenschutz in der Ertragsanlage - Output		
Kupfer	oLCA:	Laut der Formel von (Freiermuth 2006, S.20) zur Auswaschung von Kupfer und Zink aus

	0,95 kg Kupfer Bodenemissionen	<p>Pflanzenschutzmitteln: $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff}} * p_{\text{Wirkstoff } i} * 0,95$</p> <p>kann angenommen werden, dass 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln in den Boden ausgewaschen und 5 % von der Pflanze aufgenommen werden.</p> <p>Das entspricht bei 1 kg Kupfer pro Jahr einer Anreicherung von 950 g Kupfer /Jahr im Boden.</p>
Schwefel	<p>oLCA:</p> <p>0,24 kg Schwefel, Luftemissionen/ unspezifiziert</p> <p>0,5753 kg SO₄ Wasseremissionen/Grundwasser</p> <p>11,568 kg Schwefel Bodenemissionen/ Landwirtschaft</p>	<p>Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen.</p> <p>1,6 % von 12 kg = 0,192 kg Schwefel gelangen ins Grundwasser, das entspricht 0,5753 kg SO₄</p> <p>2 % von 12 kg = 0,24 kg Schwefel werden in die Luft emittiert</p> <p>96,4 % von 12 kg = 11,568 kg Schwefel</p>
Phosphonsäure bzw. TSP	<p>Auswaschung ins Grundwasser wurde schon bei der Düngung bereits berücksichtigt, daher hier nicht noch einmal</p> <p>oLCA:</p> <p>1,622604294 kg PO₄/ha/3 Jahre Oberflächenabfluss</p>	<p>Oberflächenabfluss laut Prasuhn (2006, S.13) wird der Ausgangswert mit versch. Faktoren multipliziert.</p> <p>(Düngungsfaktor wird laut Prasuhn (2006, S.13) folgendermaßen berechnet: $1 + (1,2 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Mineraldünger in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr}/80 + (1,7 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Gülle in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr}/80 + (1,4 - 1) * P_2O_5\text{-Gehalt Mist in kg } P_2O_5/\text{ha und Jahr}/80$)</p> <p>Das entspricht in der vorliegenden Ökobilanz:</p> <p>Ausgangswert für Rebbau: 0,175 kg P/ha (Prasuhn 2006, S.9), als Risikoklasse wird 3 angenommen (Mittelwert)</p> <p>Düngungsfaktor: $1 + (1,2 - 1) * 3,024 \text{ kg } P_2O_5 \text{ (pro Jahr)}/80 = 1,00756 \text{ kg}$</p> <p>$1,00756 * 0,175 = 0,176323 \text{ kg P/ha} \rightarrow$ mal drei sind: $0,528969 \text{ kg P/ha}$ in 3 Jahren, in PO₄ umgerechnet: $0,528969 / 0,326 = 1,622604294 \text{ kg}$</p>
Lagerung		
Gebäude	<p>oLCA:</p> <p>0,00000056 ha building, hall</p>	<p>eigene Annahme: Lagerung in Steigen. Eine Steige mit den Trauben nimmt eine Grundfläche von ca. 0,24 m² (60 cm * 40 cm * 15 cm) ein. Am Tag kommen ca. 70 Steigen ins Lager, das sind eventuell sieben mal 10 Steigen übereinander, also siebenmal 0,24 m² pro Tag. Laut Redl (2013) wird angenommen, dass die Trauben maximal zwei Tage im Lager verbleiben. Daher sind es 14-mal 0,24m² = 3,36 m². Da die Halle nur für etwa 22 Tage, also ca. 1 Monat gebraucht wird (länger ist in Österreich die Saison für heimische Trauben nicht), und die Lagerhalle angenommen 50 Jahre lang steht, müssen die 3,36 m² nochmal durch 12 und dann</p>

		durch 50 dividiert werden. Das ergibt 0,0056 m ² .
Maschinen zur Kühlung (Kühlaggregate) und Luftumwälzung	oLCA: 0,00004956 Stück absorption chiller 100 kW	<p>Berechnung des Energieverbrauchs nach Nielsen (2003)</p> $E_p = E_s * 100\%/u * V_p * t$ <p>E_p ist der Energieverbrauch, E_s ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (kWh/m³/Tag). Für Kühlung bei 5°C beträgt dieser 0,59 kWh/m³/Tag</p> <p>u ist der Benutzungsgrad des Lagers (%). 50 % wird als gute Schätzung angenommen</p> <p>V_p ist das Volumen des gelagerten Produktes (m³), hier: $1,68 \text{ m}^2 * 0,15 \text{ m} * 10 = 2,52 \text{ m}^3$.</p> <p>$t$ ist die Lagerungsdauer in Tagen, hier: 22 Tage</p> <p>Der Stromverbrauch ergibt sich daher als: $0,59 * 2 * 2,52 * 22 = 65,4192 \text{ kWh /Jahr}$</p> <p>Leistung = Energie/Zeit => $65,4192 \text{ kWh}/528 \text{ h} = 0,1239 \text{ kW}$</p> <p>Das ecoinvent-Gerät hat 100 kW, das heißt, es würden dementsprechend 0,001239 Geräte gebraucht werden. Wenn die Lebensdauer des Kühlgerätes 25 Jahre beträgt, wären das jährlich 0,00004956 Kühlgeräte.</p>
Strom	oLCA: electricity mix: 59,472 MJ	<p>nach Nielsen (2003 ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes 0,59 kWh/m³/Tag.</p> <p>Laut Redl (2013) wird angenommen, dass die Trauben maximal zwei Tage im Lager verbleiben.</p> <p>eigene Annahme: Die Lagerung findet in den Plastiksteigen statt, die folgende Maße besitzen: $60 \text{ cm} * 40 \text{ cm} * 15 \text{ cm} \Rightarrow \mathbf{0,036 \text{ m}^3 \text{ pro Steige}}$, in die 10 kg Trauben passen, das heißt für 14000 kg Trauben sind das 1400 Steigen oder $\mathbf{50,4 \text{ m}^3}$</p> <p>$50,4 \text{ m}^3$ für 1 Tag => $100,8 \text{ m}^3$ für 2 Tage</p> <p>⇒ $0,59 \text{ kWh} * 100,8 \text{ m}^3 =$ 59,472 kWh/14000 kg Trauben/2 Tage (= 214,0992 MJ) (1 kWh = 3,6 MJ)</p>
Verpackungsmaterial		
Erzeugung pro LDPE-Beutel	oLCA: 0,00398 kg polyethylene,	Annahme: Verwendung von Plastikbeuteln mit folgenden Maßen: $15,5 \text{ cm} * 21 \text{ cm}$ mit einer Dicke von 50 Mikrometern (0,05 mm)

	LDPE, granulate, at plant 0,00398 kg extrusion plastic film pro Stück	100 Stück LDPE-Beutel dieser Größe wiegen 0,398 kg → 1 Stück wiegt 0,00398 kg (Verpackungsteam GmbH 2015) Es wird angenommen, dass in einem Beutel 0,5 kg Trauben verpackt werden, daher werden 28000 Beutel benötigt.
Entsorgung	0,00398 kg disposal polyethylene, 0,4 % water, to municipal incineration	eigene Annahme: Endkonsumenten recyceln die PE-Beutel nicht, sondern werfen sie in den normalen Hausmüll und dieser wird in weiterer Folge verbrannt.
Plastiksteigen - Herstellung	oLCA: 1,26 kg polypropylene, granulate, at plant 1,26 kg blow moulding pro Stück	eigene Annahme: Eine Kiste aus Polypropylen kann 10 kg Trauben transportieren und wiegt 1260 g. In Summe werden 14000 kg Trauben in insgesamt einem Monat (20 Werktagen) transportiert, also pro 700 kg pro Tag. => 70 Steigen pro Tag Da für die Ernte 70 Kisten benötigt werden, aber mindestens jeweils 70 Kisten gerade im Supermarkt sind, 70 gerade leer gebracht werden und 70 im Lager stehen, wird von insgesamt 280 Kisten mit einer von mir geschätzten Lebensdauer von 12,5 Jahren ausgegangen. Daher wird pro Jahr ein Zwölftel von 280 Plastiksteigen berechnet; das entspricht pro Jahr 22,4 PP Steigen Laut Haselberger (2007, S.46) werden die Trauben in 5 kg-Steigen transportiert. Maße der Kiste: 60 x 40 x 15 cm, Material: PP, Gewicht: 1260 g (Auer Packaging GmbH s.a.)
Plastiksteigen für Lagerung und Transport Entsorgung		Es wird angenommen, dass die Plastiksteigen zu 100 % recycelt werden.
Transport zu den KundInnen oder zum Supermarkt		
eigene Annahme: Kühltransporter	oLCA: 420 tkm transport, van <3.5t	Ertrag = 14000kg, Transport in einem <3,5 t Kühltransporter mit 745 kg Nutzlast. Bei den ecoinvent-Daten wird angenommen, dass der Lieferwagen durchschnittlich mit 0,3 t beladen ist (Spielmann et al. 2007, S.53) = ecoinvent „Transport“) Wenn bedacht wird, dass er hin und zurück fährt (also einmal leer mit 0 kg, einmal mit 745 kg) und auch noch ein bisschen Gewicht für die Paletten eingerechnet wird, kommt man im Schnitt auf ca. 300 kg pro Fahrt. eigene Annahme: Der Supermarkt ist 30 km entfernt Daher auf openLCA: $7 \text{ t} * 30 * 2 \text{ km} = 420 \text{ tkm}$

Anhang C - Inputliste für Betrieb A

Neuanlage (und Junganlage)		
Alle Daten in dieser Spalte basieren, wenn nicht durch „eigene Annahme“ gekennzeichnet, auf den Angaben der Tafeltraubenproduzenten auf dem Datenerfassungsblatt.	Alle Daten in dieser Spalte finden sich in genau dieser Form in openLCA	
Maschinenpark in Neuanlage – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger	oLCA: 2,1 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H 700 kg, Nutzungsdauer laut ÖKL (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger wird insgesamt 9 Stunden am Feld genutzt (für: Auszeilen, Pflanzen, Pflanzstäbe verteilen, Sticklel anfahren, Drähte ziehen, Endstickel verankern) $700 \text{ kg} * 9 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 2,1 \text{ kg}$
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Neuanlage - Arbeitsschritte		Da einige Arbeitsschritte in der Neuanlage im Datenerfassungsblatt nicht erhoben wurden, werden die Prozesse „Auszeilen“, „Pfropfreben zuschneiden und paraffinieren“, „Pflanzen“, „Pflanzstäbe verteilen“, „Rebschützer verteilen“, „Sticklel anfahren, verteilen, schlagen“, „Drähte ziehen“ und „Endstickel verankern“ aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R etwas an die Betriebe angepasst übernommen. Da eine einfache Fahrt zum bzw. auf dem Feld mit dem Traktor bei Ecoinvent nicht existiert wurde der Prozess „sowing, without agricultural machinery“ für alle jene Arbeitsschritte verwendet. Beim Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht. Ein Traktor mit 90 PS verbraucht laut ÖKL (2012, S.12) bei geringer Auslastung des Motors etwas mehr als 4,3 l/h, bei mittlerer Auslastung etwa 8,6 l/h und bei hoher Auslastung etwa 15 Liter.
Rigolen: vor der Neuanlage wurde die Fläche einmal mit einer Straßenfräse 70 cm	oLCA: 0,6462 ha tillage, ploughing	Da kein Datensatz für die Verwendung von Straßenfräsen in ecoinvent existiert, wird der Prozess „tillage, ploughing“ verwendet.

tief gelockert	1 x Anfahrt Traktor	Dabei liegt laut Nemecek & Kägi (2007, S.190) der Treibstoffverbrauch bei 26,11 kg/ha, also 30,95 l/ha. Laut ÖKL (2012, S.11) liegt der Treibstoffbedarf für das Untergrundlockern bei 20 l/ha. Daher: 0,6462 ha _e
eigene Annahme: Nacharbeiten beim Rigolen	oLCA: 1,24 ha tillage, harrowing by rotary harrow 1 x Anfahrt Traktor	Angelehnt an Richter (2010, S.138ff.) wird nach dem Rigolen der Boden eingeebnet. Die durchschnittliche Flächenleistung für Grubbern und Fräsen beträgt laut ÖKL (2012, S.11) 1,7 h/ha bei einem Treibstoffverbrauch von 11 l/ha. Laut Nemecek & Kägi (2007, S.193) beträgt der Treibstoffverbrauch 11,49 kg (oder 13,68 l). Daher: 1,24 ha _e
Bodenproben nehmen	(1x Anfahrt PKW)	
Vorratsdüngung		wurde nicht durchgeführt
Auszeilen (Richter 2010, S.138ff.) (mit Anhänger)	openLCA: 1 ha sowing without agricultural machinery 2x Anfahrt Traktor	Laut Richter (2010, S.138ff.) Arbeitszeitbedarf von 30 Akh und 1 Traktorstunde, eigene Annahme: 2 Personen leisten die Arbeit an 2 Tagen
Pfropfreben zuschneiden und paraffinieren	1 x Anfahrt PKW	Laut Richter (2010, S.138) 25 Akh Da Betrieb A im Vergleich zum hypothetischen Referenzbetrieb R nur halb so viele Weinreben/ha hat, wird diese Arbeit von 2 Personen an einem Tag erledigt
Pflanzen (mit Anhänger)	1x Anfahrt Traktor 0,5 ha sowing without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 5 Akh + 1 Traktorstunde, für Betrieb A wird die Hälfte der Arbeitszeit angenommen, da nur halb so viele Weinreben gepflanzt werden.
Pflanzstäbe verteilen (mit Anhänger)	1 x Anfahrt Traktor 0,5 ha sowing without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 35 Akh + 1 Traktorstunde Für Betrieb A wird die Hälfte der Arbeitszeit angenommen, da nur halb so viele Weinreben gepflanzt werden; Arbeit wird von 2 Personen an einem Tag erledigt
Rebschützer anbringen	1x Anfahrt PKW	Laut Richter (2010, S.140) 34 Akh Für Betrieb A wird die Hälfte der Arbeitszeit angenommen, da nur halb so viele Weinreben gepflanzt werden; von 2 Personen an einem Tag erledigt
Stickel anfahren, verteilen, schlagen (mit Anhänger)	1 x Anfahrt Traktor 2,5 ha sowing without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 40 Akh + 10 Traktorstunden Die Steheranzahl beträgt in Betrieb A nur etwa ein Viertel derer im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher wird auch nur ein Viertel des in Richter (2010, S.140) angegebenen Arbeitszeitbedarfs angenommen. von 2 Personen an einem Tag erledigt

Drähte ziehen (mit Anhänger)	1 x Anfahrt Traktor 4 ha sowing without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 40 Akh + 10 Traktorstunden Die benötigte Drahtlauflänge beträgt in Betrieb A nur etwa 40 % jener im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher Annahme von nur 4 Traktorstunden und 16 Akh
Endstickel verankern (mit Anhänger)	1x Anfahrt Traktor 0,5 ha sowing without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 16 Akh + 2 Traktorstunden Die Endstickelanzahl beträgt in Betrieb A nur etwa ein Viertel derer im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher wird auch nur ein Viertel des in Richter (2010, S.140) angegebenen Arbeitszeitbedarfs angenommen. (4 Akh + 0,5 Traktorstunden)
Bodenbearbeitung (grubbern, eggen, fräsen etc.) 9 Traktorstunden/a mit Fendt	15 x Anfahrt Traktor in drei Jahren sind das 9,4605 ha tillage cultivating, chiselling	Laut ÖKL (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 9 Traktorstunden 5,3 ha oder Arbeitsgänge (Grubbern). Laut ÖKL (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha, werden daher 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. $0,595 \text{ ha}_e * 5,3 \text{ ha}_r = 3,1535 \text{ ha}_e$ in drei Jahren: $3,1535 \text{ ha}_e * 3 = 9,4605 \text{ ha}_e$
Mulchen 12 Traktorstunden/a mit Fendt (davon wird Gründüngung 3 x pro Jahr gemulcht)	9 x Anfahrt Traktor oLCA: 25,83 ha mulching	Laut Nemecek & Kägi (2007,192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Laut ÖKL (2012,11) werden beim Mulchen etwa 12 l Treibstoff/ha benötigt. => $1 \text{ ha}_r = 2,87 \text{ ha}_e$ $2,87 \text{ ha}_e * 3\text{-mal mulchen} = 8,61 \text{ ha}_e$ in drei Jahren sind das: $3 * 8,61 \text{ ha}_e = 25,83 \text{ ha}_e$
Pflanzenschutzmittel ausbringen 12 Traktorstunden/a mit Fendt	12 x Anfahrt Traktor 28,6 ha application of plant protection products	Laut Richter (2010, S.140) werden 2 Traktorstunden für einmal Pflanzenschutzmittel ausbringen gerechnet. Das wäre bei 12 Traktorstunden sechsmal Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln. laut ÖKL (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha, für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l /ha _e , daher $5 \text{ l} / 2,1 \text{ l} = 2,38 \text{ ha}_e$ pro einmal Pflanzenschutz ausbringen. $2,38 \text{ ha}_e * 6\text{-mal Ausbringung} = 14,3 \text{ ha}_e$ In zwei Jahren sind das: $14,3 \text{ ha}_e * 2 \text{ Jahre} = 28,6 \text{ ha}_e$
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper	45 x Anfahrt Traktor = 22,5 km hin und 22,5 km retour sind 45 km, das entspricht oLCA: 1,42 ha sowing	Der Anfahrtsweg zum Weingarten beträgt 1,5 km. Da in den ecoinvent-Prozessen die Anfahrt von 1 km bereits beinhaltet ist, wird mit einem Anfahrtsweg von 500 m pro Strecke gerechnet. Der Dieselverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 90 PS bei etwa 4,3 l pro Stunde (ÖKL 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 45 km Distanz 1,5 Stunden, also insgesamt 6,45 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „sowing“ werden 4,548 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 1,42 ha_e sowing .

Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW	1,5 km * 40-mal * 2 (hin und zurück) * 3 Jahre = 360 km oLCA: 360 vkm operation, passenger car, diesel, fleet average	40-mal/Jahr Anfahrt mit PKW zum Weingarten
PKW Produktion	$360/200000 = 0,0018$ openLCA: 0,0018 Stück passenger car	Nutzungsdauer: Da auch in den ecoinvent-Berichten nicht steht, auf welche Lebenszeit die Werte bezogen sind, wird von einer Nutzungsdauer von 200.000 km ausgegangen. Mit dem PKW wird etwa 40-mal pro Jahr zum Weingarten gefahren → 120 km/Jahr
PKW Entsorgung	oLCA: disposal, passenger car: 0,0018 Stück	
Material für Neuanlage des Weingartens		
Pflanzgut (Pfropfreben)	oLCA: 238 km operation, passenger car, diesel, fleet average	Die Herstellung der Pfropfreben wurde nicht berücksichtigt. Transportweg von der Rebschule zum Weingarten einfach: 119 km Es wird angenommen, dass die Reben mit dem PKW transportiert werden.
Pflanzstäbe aus Tor Stahl Maße: 150 cm lang, 8 mm Durchmesser	niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 1184 kg steel product manufacturing, average metal working: 1184 kg	0,592 kg/Pflanzstab $0,592 * 2000 = 1184 \text{ kg}$
Stehler aus verzinktem Stahl Abmessungen: 250 x 5 x 7 cm, Haltbarkeit geschätzte 30 Jahre	niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 1073,975 kg steel product manufacturing, average metal working: 1073,975 kg zinc coating, pieces: 180,88 m²	Stehleranzahl: Fläche A: 210 m lang, 6 Zeilen, 6 m Abstand zwischen zwei Stehern: $(210/6 + 1 - 2 \text{ Endsteher}) * 6$ Zeilen = 204 Steher Fläche B: 150 m lang, 3 Zeilen, 6 m Abstand zwischen zwei Stehern: $(150/6 + 1 - 2 \text{ Endsteher}) * 3$ Zeilen = 72 Steher Fläche C: 100 m lang, 3 Zeilen, 6 m Abstand zwischen zwei Stehern: $(100/6 + 1 - 2 \text{ Endsteher}) * 3$ Zeilen = 47 Steher Summe: $210+72+47= 323 \text{ Steher}$ Laut Betriebsleiter werden im Weingarten VOEST-Weinbergspfähle mit den ungefähren Maßen von 250 x 5 x 7 cm verwendet. Am ehesten auf diese Maße trifft der Weinbergspfahl „TOP Typ

		<p>60/2,50m“ (Artikelnummer 60250f) mit einer Standardstärke von 1,5 mm, dessen Abmessungen 250 x 6 x 4 cm betragen, zu (Weis 2015), daher wird dieses Modell zur Berechnung herangezogen. Gewicht pro Steher: 4,75 kg.</p> <p>Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden. 323 Steher * 4,75 kg * 0,7 = 1073,975 kg</p> <p>Berechnung Verzinkung: Steherumfang gemessen: 16 cm Steheroberfläche: 0,16 m * 2,5m * 2 = 0,8 m² pro Steher Das sind 0,8 * 323 = 258,4m² 258,4 m² * 0,7 = 180,88 m²</p>
<p>Endsteher aus verzinktem Stahl Abmessungen: 250 x 5 x 7 cm</p>	<p>8,71 kg * 24 Endpfähle = 209,04 kg * 0,7 = 146,328 kg niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 146,328 kg steel product manufacturing, average metal working: 146,328 kg zinc coating, pieces: 16,8 m²</p>	<p>Berechnung Steheranzahl: 12 Zeilen, je 2 Endsteher = 24 Endsteher Auch hier wurden <i>VOEST</i>-Weinbergspfähle verwendet. Anhand der vom Betriebsleiter angegebenen Maße wird zur Berechnung der „ENDPFAHL Typ 90/2,50 m“ mit der Artikelnummer 90250f angenommen (Weis 2015). Gewicht: 8,71 kg/Stück, Materialstärke: 2,5 mm. Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden.</p> <p>Berechnung Verzinkung: Umfang gemessen: 20 cm Oberfläche: 0,2m * 2,5 m * 2 = 1 m² pro Steher Das sind 1 * 24 = 24 m² * 0,7 = 16,8 m²</p>
<p>Draht (6 Drähte pro Zeile)</p>	<p>zinc coating, coils: 94,719 m² niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 475 kg wire drawing, steel: 475 kg</p>	<p>6 Drähte pro Zeile, das sind bei insgesamt 2010 m Zeilenlänge 12060 m Draht. eigene Annahme: verzinkter Draht mit 2,5 mm Durchmesser. Lauflänge laut Euro Draht Großhandel GmbH & Co. KG (s.a.) für einen 2,5 mm Draht: 650 m je 25 kg-Spule. Bedarf: 12060 m → 12060 m/650 m = ca. 19 Spulen, das entspricht etwa 475 kg Draht.</p> <p>Berechnung Verzinkung: 2 * 0,00125 m * pi * 12060 = 94,719 m²</p>
<p>eigene Annahme: Drahtspanner</p>	<p>0,084 kg * 100 Stück = 8,4 kg</p>	<p>laut Richter (2010, S.138ff.) werden 300 Stück pro ha gebraucht. Da in Betrieb A jedoch nur etwa ein Drittel des im hypothetischen Referenzbetrieb R benötigten Drahtes braucht, wird davon</p>

	<p>niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 8,4 kg steel product manufacturing, average metal working: 8,4 kg zinc coating, pieces: 0,96 m²</p>	<p>ausgegangen, dass auch dementsprechend weniger Drahtspanner verwendet werden und dementsprechend 100 Stück Drahtspanner angenommen. eigene Annahme: Produkt von GAH Alberts (Artikelnummer 61110 1) (Gust. Alberts GmbH & Co. KG 2011) je Stück (100 mm) : 0,084 kg Berechnung Verzinkung: Maße in etwa: (10 cm + 2cm) lang * 2 cm hoch 0,12 m * 0,02 m * 4 (weil innen und außen) = 0,0096 m² pro Stück, mal 100 sind das 0,96 m²</p>
eigene Annahme: Stabanker	<p>24 Stück * 0,431 = 10,344 niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 10,344 kg steel product manufacturing, average metal working: 10,344 kg Verzinkung: 0,024002 * 24 = zinc coating, pieces: 0,576048 m²</p>	<p>je zwei Stabanker pro Zeile → 24 Stück eigene Annahme: Erdanker (Artikelnr. 708010) von Firma „Weis“ (Weis 2015) Länge: 700 mm Breite: 10 mm Scheibe am unteren Ende: 80 mm Durchmesser. Gewicht: laut Westfälischer Stahlgesellschaft (2015) 0,431 kg pro Stück Berechnung Verzinkung: Stab: 2 * 0,05 * pi * 0,7 m = 0,021991 m² Scheibe am unteren Ende (Annahme: 2 mm dick): 2 * 2 * 0,08 m * pi * 0,002 m = 0,002011 m² in Summe pro Stück: 0,024002 m²</p>
eigene Annahme: Einzelrebschützer	<p>2000 * 0,015 kg = 30 kg 30 kg HDPE granulate, at plant 30 kg extrusion</p>	<p>laut Rudolf Klojer GmbH. (s.a.) 230 mm breit; 600 mm hoch, Polyethylenetz; (als Gewicht werden 15 g/Stück angenommen), Material: HDPE</p>
eigene Annahme: Entsorgung Einzelrebschützer		<p>Eigene Annahme: Es wird davon ausgegangen, dass die Rebschützer recycelt werden.</p>
Vogel-/Insektenschutznetz	<p>1266,3 kg polyethylene, HDPE, granulate, at plant 1266,3 kg extrusion,</p>	<p>Eigene Annahme: Insektenschutznetz Artikelnummer 1.119 von <i>Agroflor</i> (Agroflor Kunststoff GmbH s.a.) mit Maschenweite von 0,8 mm * 2 mm wiegt 120 g/m²</p>

	plastic film	Standardmaß: 3 * 100 m Bedarf: 2010 m * 3 m * 0,12 kg = 723,6 kg Angelehnt an die Schätzung des Betriebsleiters von Betrieb B wird von einer Haltbarkeit von 20 Jahren ausgegangen. Daher wird die benötigte Menge an HDPE mit dem Faktor 1,75 multipliziert.: 723,6 kg * 1,75 = 1266,3 kg
eigene Annahme: Entsorgung Vogel- /Insektenschutznetz		Eigene Annahme: es wird davon ausgegangen, dass die Hagelschutznetze recycelt werden.
Transport aller Materialien zum Betrieb	eigene Annahme: ca. 50 km Entfernung Materialgewicht: 4,194347 t * 50 km = 209,71735 tkm transport, lorry 3,5 – 7,5t, EURO 5	
Bewässerung		
etwa 3-mal pro Jahr mit Wasserfass und Traktor je 45000 l/a	oLCA: 135 m³ irrigating	45 m ³ /a, 3 Jahre Neuanlage => 135 m ³
Input – Dünger in der Neuanlage/ Junganlage (Herstellung)		Es wurde bisher nicht gedüngt. Etwa jedes Jahr im April/Mai werden das Rebschnittmaterial und der Aufwuchs der Begrünung gemulcht. Dabei wird der Boden in den Zeilen nicht umgebrochen. Die Grünstreifen zwischen den Rebstöcken werden etwa dreimal pro Jahr abgemäht, das Mähgut verbleibt jedes Mal auf den Flächen und verrottet dort langsam.
Gründüngung – Saatgut	oLCA: 70 kg grass seed IP, at regional storehouse	eigene Annahme: Nachdem im Datenerfassungsblatt angegeben wurde, dass manche Flächen ziemlich steil sind und die Begrünung einen Grasanteil von mehr als 25 % enthält, wird zur Berechnung der benötigten Saatgutmenge und später auch der Stickstoffemissionen von folgender Saatgutmischung ausgegangen: <i>Wolff Steillagenmischung</i> (70 % Wolff-Mischung und 30 % Gräser-Mischung) Bedarf: 60-80 kg/ha (also durchschnittlich 70 kg) (Austro Saat s.a.)
Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 19,65 kg nitrogen, atmospheric	laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha In drei Jahren entspricht das 19,65 kg/ha
von Leguminosen aus der Luft aufgenommen	oLCA: 49,875 kg nitrogen, atmospheric	49875 kg/ha/a In drei Jahren entspricht das 149,625 kg/ha

Luftstickstoff		
Output-Dünger in der Neuanlage/Junganlage		Der Weingarten ist dauerbegrünt und wird nur mit Grünschnitt, der auf der Fläche verrottet und nicht in den Boden eingearbeitet wird, gedüngt. Mineralische Düngung entfällt, wonach von keinen Emissionen aus der Düngung ausgegangen wird Richner (2006, S.16). Das „Szenario 20 % Auswaschung“ beschreibt die unwahrscheinliche Situation, dass doch in den Frühlings- Sommer- und Herbstmonaten, in denen der Grünschnitt auf der Fläche liegt, bei Starkregeneignissen Stickstoff ausgewaschen wird und dient lediglich der Sensitivitätsanalyse.
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 10,6439555 kg N₂O	Nemecek & Kägi (2007, S.36): $N_2O = 44/28 * (0,0125 (N_{available} - 14/17 * NH_3 + N_{croppresidues} + 0,6 N_{biological\ fixation}) + 0,01 * 14/17 * NH_3 + 0,025 * 14/62 * NO_3)$ 10,6439555 kg N ₂ O/ha/3 Jahre
NO ₃ in Boden bzw. Grundwasser	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 69,0837163 kg NO₃	69,0837163 kg NO ₃ /ha/3 Jahre (Berechnung siehe Anhang H)
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 2,23523065 NO_x	Laut Nemecek und Kägi (2007, S.36) sind das 0,21 * N ₂ O Emissionen; wenn der Berechnungswert von 10,6439555 kg N ₂ O angenommen wird, ergibt das 2,23523065 kg NO _x /ha/3 Jahre
Pflanzenschutz in der Neuanlage/ Junganlage - Input		Es wird angenommen, dass die Pflanzenstärkungsmittel ab dem 2. Jahr angewandt werden (also 2 Jahre in der Junganlage).
Netzschwefel „Stulln“ 2 kg/Jahr	oLCA: 3,2 kg secondary sulphur, at refinery	Das Präparat enthält 80 % Schwefel => 1,6 kg reiner Schwefel/ha/a, in zwei Jahren sind das 3,2 kg
Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage - Output		
Sulfat ins Grundwasser und Schwefel in die Luft	oLCA: 0,064 kg Schwefel, Luftemissionen/ unspezifiziert 0,1536 kg SO₄ Wasseremissionen/	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen. 1,6 % von 3,2 kg = 0,0512 kg Schwefel (oder 0,1536 kg SO ₄) gelangen ins Grundwasser

	Grundwasser 3,0848 kg Schwefel, Bodenemissionen/ Landwirtschaft	2 % von 3,2 kg = 0,064 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4 % von 3,2 kg = 3,0848 kg Schwefel gelangen in den Boden
Ertragsanlage		Da die Weingärten im Jahr der Befragung das erste Mal im Vollertrag stehen, liegen noch keine Erfahrungswerte vor und einige Werte wurden vom Betriebsleiter abgeschätzt.
Maschinenpark – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger – 40 Maschinenstunden	oLCA: 9,33 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H 700 kg, Nutzungsdauer laut ÖKL (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden $700 \text{ kg} * 40 \text{ h}/3000 \text{ h} = 9,33 \text{ kg}$
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Ertragsanlage		
Bewässerung: etwa 3-mal pro Jahr mit Wasserfass und Traktor 45000 l/a	oLCA: 45 m³ irrigating	45 m ³ /a
Bodenbearbeitung (Grubbern, eggen, fräsen etc.) 9 Traktorstunden/a mit Fendt	5 x Anfahrt Traktor 3,1535 ha tillage cultivating, chiselling	Laut ÖKL (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 9 Traktorstunden 5,3 ha oder Arbeitsgänge (Grubbern). Laut ÖKL (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha, werden daher 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. $0,595 \text{ ha}_e * 5,3 \text{ ha}_r = 3,1535 \text{ ha}_e$
Mulchen 12 Traktorstunden/a mit Fendt (davon wird Gründüngung 3- mal pro Jahr gemulcht)	3 x Anfahrt Traktor oLCA: 8,61 ha mulching	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Laut ÖKL (2012, S.11) werden beim Mulchen etwa 12 l Treibstoff/ha benötigt. => 1 ha, = 2,87 ha _e $2,87 \text{ ha}_e * 3\text{-mal mulchen} = 8,61 \text{ ha}_e$
Pflanzenschutzmittel	6 x Anfahrt Traktor	Laut Richter (2010, S.140) werden 2 Traktorstunden für einmal Pflanzenschutzmittelausbringen

ausbringen 12 Traktorstunden/a mit Fendt	14,3 ha application of plant protection products	gerechnet. Das entspricht bei 12 Traktorstunden 6-mal Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln. laut ÖKL (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l/ha, daher $5 \text{ l} / 2,1 \text{ l} = 2,38 \text{ ha}_e$ pro einmal Pflanzenschutz. $2,38 \text{ ha}_e * 6 = 14,3 \text{ ha}_e$
Ernte (mit Anhänger) 40 Traktorstunden/a an 20 Tagen von 2 Personen mit dem <i>Ferguson</i> -Schlepper	20 x Anfahrt Traktor 40 ha sowing with tractor Bj. 1965, without agricultural machinery	Für die Ernte wird der kleine Traktor (Bj. 1965) verwendet. Es wird angenommen, dass die Emissionen dieses Traktors weitaus höher sind als jene des Traktors, der für die Berechnung der ecoinvent-Datensätze verwendet wurde. Daher wurde der Prozess „sowing with tractor Bj. 1965, without agricultural machinery“ erstellt. Die Emissionen basieren auf Daten von Schäffeler & Keller (2008).
Laubarbeiten und sonstige Pflegearbeiten im Weingarten 10 Traktorstunden/a an 10 Tagen mit Fendt	10 x Anfahrt Traktor 10 ha sowing without agricultural machinery	
Rebschnitt 10 Traktorstunden/a Fendt	10 x Anfahrt Traktor 10 ha sowing without agricultural machinery	
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper	54 Anfahrten * 0,5 km * 2 = 54 km davon 20 Anfahrten für Ernte mit Traktor Bj. 1965, also 1,23 ha sowing 0,51 ha Anfahrt mit Schlepper Bj. 1965	Der Anfahrtsweg zum Weingarten beträgt 1,5 km. Da in den ecoinvent-Prozessen die Anfahrt von 1 km bereits beinhaltet ist, wird mit einem Anfahrtsweg von 500 m pro Strecke gerechnet. Der Dieserverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 90 PS bei etwa 4,3 l/h (ÖKL 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 34 km Distanz 1,3 Stunden, also insgesamt 5,59 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „sowing“ werden 4,548 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 1,23 ha sowing . 20-mal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 1965, das sind 20 km, bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h wären das 0,66 h. Für 1 ha sowing braucht man im ecoinvent-Prozess 1,3 h, daher entsprechen 0,66 Stunden 0,51 ha _e .
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW	1,5 km * 40 * 2 = 120 km oLCA: 120 vkm passenger car, diesel, fleet average	40-mal/Jahr Anfahrt mit PKW zum Weingarten
PKW Produktion	eigene Annahme:	Der PKW wird laut Auskunft des Betriebsleiters für ca. 40 Anfahrten pro Jahr verwendet, das sind in

Suzuki Allrad, Diesel 90 PS	Lebensdauer eines PKW: 200000 km. => 120/200000 = 0,0006 openLCA: 0,0006 Stück passenger car	Summe 120 km/Jahr
PKW Entsorgung	disposal, passenger car: 0,0006 Stück	siehe oben
Düngung in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		
Gründüngung		Laut Auskunft durch den Betriebsleiter wird nicht nachgesät.
Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 6,55 kg nitrogen, atmospheric	laut SMIDT (2007) sind das 6,55 kg/ha
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	oLCA: 49,875 kg nitrogen, atmospheric	49,875 kg/ha/a
Düngung in Ertragsanlage – Output		
NO ₃ ins Wasser	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 23,028 kg NO₃	Berechnung siehe Anhang H
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 3,548 kg N₂O	
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20 %</u> <u>Auswaschung: oLCA:</u> 0,745 kg NO_x	
Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		
Netzschwefel „Stulln“ 2 kg/Jahr	oLCA: 1,6 kg secondary sulphur, at refinery	Das Präparat enthält 80 % Schwefel => 1,6 kg/ha/a

Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Output		
Sulfat ins Grundwasser und Schwefel in die Luft	oLCA: 0,032 kg Schwefel, Luftemissionen/ unspezifisch 0,767 kg SO₄ Wasseremissionen/ Grundwasser 1,5424 kg Schwefel, Bodenemissionen/ Landwirtschaft	<p>Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen.</p> <p>1,6 % von 1,6 kg = 0,256 kg Schwefel gelangen ins Grundwasser 2 % von 1,6 kg = 0,032 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4% von 1,6 kg = 1,5424 kg Schwefel gelangen in den Boden</p>
<u>Lagerung</u>		Da die Lagerung im hypothetischen Referenzbetrieb R keinen signifikanten Einfluss auf die Umweltwirkungen der Tafeltraubenproduktion hat, wurden für Betrieb A adaptierte Werte aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R herangezogen.
Gebäude	0,000000058 ha building, hall	<p>eigene Annahme: Lagerung in Steigen mit den Maßen 60 x 40 x 15 cm und einer Grundfläche von 0,24 m², jeweils 12,5 Steigen übereinander. (Grundfläche: 0,48 m²)</p> <p>Der Bedarf liegt laut Betriebsleiter bei 50 Steigen insgesamt. Es wird davon ausgegangen, dass sich jeweils die Hälfte in einem Kühllager befindet; und das über 22 Tage.</p> <p>Laut Redl (2013) wird angenommen, dass die Trauben maximal 2 Tage im Lager verbleiben.</p> <p>Insgesamt werden die Trauben 22 Tage/Jahr gelagert, das entspricht 6 % eines Jahres. Wenn die Lebensdauer der Lagerhalle 50 Jahre beträgt, ergibt sich:</p> <p>0,000048 ha * 0,06/50 = 0,000000058 ha</p>
Maschinen zur Kühlung	oLCA: 0,0000177 Stück absorption chiller 100 kW	<p>Berechnung des Energieverbrauchs nach Nielsen (2003)</p> $E_p = E_s * 100 \% / u * V_p * t$ <p>E_s ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (kWh/m³/Tag). Für Kühllagerung bei 5° C beträgt dieser 0,59 kWh/m³/Tag</p> <p>u ist der Benutzungsgrad des Lagers in %. 50% wird als gute Schätzung angenommen</p> <p>V_p ist das Volumen des gelagerten Produktes (m³), hier: 0,9 m³.</p> <p>t ist die Lagerungsdauer in Tagen, hier: 22 Tage</p>

		<p>Der Stromverbrauch ergibt sich daher als: $0,59 * 2 * 0,9 * 22 = 23,364 \text{ kWh/Jahr}$</p> <p>Leistung = Energie/Zeit => $23,364 \text{ kWh}/528 \text{ h} = 0,04425 \text{ kW}$ Das ecoinvent-Gerät hat 100 kW, das heißt es würden dann 0,0004425 Geräte gebraucht werden. Wenn die Lebensdauer des Kühlgerätes 25 Jahre beträgt, wären das jährlich 0,0000177 Kühlgeräte.</p>
Strom	oLCA: electricity mix 42,06 MJ	<p>nach Nielsen (2003) ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes ($0,59 \text{ kWh/m}^3/\text{Tag}$) für $0,9 \text{ m}^3$ sind das $0,531 \text{ kWh/Tag}$ oder $11,682 \text{ kWh}/22 \text{ Tage}$ $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ $11,682 * 3,6 = 42,06 \text{ MJ}$</p>
<u>Verpackungs- material</u>		<p>Die Trauben werden in Kartonschalen zu 0,5 kg und in 1 kg verkauft. Es wird davon ausgegangen, dass 5000 1 kg-Schalen und 4000 0,5 kg - Schalen verkauft werden.</p>
Erzeugung	oLCA: 248,5 kg corrugated board, recycling fibre, single wall, at plant	<p>Laut Produce Packaging (2015) wiegt eine Kartonschale für 500 g Inhalt 22 g/Stück eine 1 kg-Schale mit den Maßen 185x142x106 wiegt laut Hausner Beeren (s.a.) 32,1 g. $5000 * 32,1 \text{ g} + 4000 * 22 \text{ g} = 248,5 \text{ kg}$</p>
Entsorgung	oLCA: 248,5 kg disposal, packaging cardboard, 19 % water content, to municipal incineration	<p>Es wird angenommen, dass die Kartons vom Endverbraucher mit dem Hausmüll entsorgt werden.</p>
Plastiksteigen Herstellung	1,26 kg polypropylene, granulate, at plant 1,26 kg blow moulding pro Stück	<p>Bedarf laut Betriebsleiter: 50 Stück laut AUER Packaging GmbH (s.a.) wiegt eine Steige mit den Maßen 60 x 40 x 15 cm 1260 g und besteht aus Polypropylen. Da die Steigen nur 1 Monat/ Jahr verwendet werden und die Lebensdauer mit 12,5 Jahren angenommen wird ergibt sich: $50 * 2 / 12,5 = 8,3 \text{ Stück/Jahr}$</p>
Plastiksteigen Entsorgung		<p>Es wird angenommen, dass die Plastiksteigen zu 100 % recycelt werden.</p>
<u>Transport zu den KundInnen oder</u>		<p>60 % werden direkt vermarktet. Etwa 50 % der Kunden reisen mit dem Auto etwa 10 km an und kaufen zwischen 0,5 und 3 kg (durchschnittlich 1,75 kg). 40 % werden auf umliegenden Märkten vermarktet. Entfernung ca. 13 km.</p>

<u>zum Supermarkt</u>		
direkt vermarktete Trauben	oLCA: 1200 vkm operation, passenger car, diesel fleet average	7000 kg * 0,6 = 4200 kg Trauben werden direkt vermarktet davon reisen 50 % der KundInnen mit dem Auto an. ⇒ 2100 kg/1,75 kg = 1200 Anfahrten über 10 km. Da dem Tafeltraubenverkauf jedoch ein Heurigen angeschlossen ist, wird davon ausgegangen, dass ca. 50 % der Trauben im Anschluss an einen Heurigenbesuch gekauft werden und daher für diese Trauben kein Transportweg berechnet wird. ⇒ 50 % von 1200 Anfahrten = 600 Anfahrten über 10 km = 1200 vkm
Vermarktung auf den umliegenden Märkten	oLCA: 468 vkm operation, passenger car, diesel, fleet average	2800 kg auf Märkten verkauft. eigene Annahme: 3 Märkte werden 6-mal beliefert => 13 km * 18-mal je 155,5 kg = 234 km + Rückfahrt

Anhang D – Inputliste für Betrieb B

<u>Neuanlage (und Junganlage)</u>		
Alle Daten in dieser Spalte basieren, wenn nicht durch „eigene Annahme“ gekennzeichnet, auf den Angaben der Tafeltraubenproduzenten auf dem Datenerfassungsblatt.	Alle Daten in dieser Spalte finden sich in genau dieser Form in openLCA	
Maschinenpark in Neuanlage – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger	oLCA: 16,6 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b. H 700 kg, Nutzungsdauer laut Hauer et al. (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger wird insgesamt 71,15 Stunden im Weingarten genutzt (für: Auszeilen, Pflanzen, Pflanzstäbe verteilen, Stickle anfahren, Drähte ziehen, Endstickle verankern) $700 \text{ kg} * 71,15 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 16,6 \text{ kg}$
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Neuanlage - Arbeitsschritte		Da einige Arbeitsschritte in der Neuanlage im Datenerfassungsblatt nicht erhoben wurden, werden die Prozesse „Auszeilen“, „Pflanzfreben zuschneiden und paraffinieren“, „Pflanzen“, „Pflanzstäbe verteilen“, „Rebschützer verteilen“, „Stickle anfahren, verteilen, schlagen“, „Drähte ziehen“ und „Endstickle verankern“ aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R etwas an die Betriebe angepasst übernommen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Arbeitsschritte mit dem 85 PS starken Traktor durchgeführt werden. Da eine einfache Fahrt auf dem Feld mit dem Traktor bei ecoinvent nicht existiert, wurde der Prozess „tillage rolling“ für alle jene Arbeitsschritte verwendet. Beim Prozess „tillage rolling“ werden 3,7857 l Treibstoff/ha verbraucht. Ein Traktor mit 70 PS verbraucht laut Hauer et al. (2012, S.12) bei geringer Auslastung des Motors ca. 3,4 l Treibstoff/ha.

		<p>Eine Traktorstunde mit diesem Traktor wird daher im Folgenden einem ha „tillage rolling“ gleichgesetzt.</p> <p>Ein Traktor mit 85 PS verbraucht laut Hauer et al. (2012, S.12) bei geringer Auslastung des Motors ca. 4,2 l Treibstoff/ha. Beim ecoinvent-Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht.</p> <p>Eine Traktorstunde mit diesem Traktor wird daher im Folgenden einem ha „sowing“ gleichgesetzt.</p>
Untergrundlockerung vor Pflanzung der Weinreben	<p>für 1 ha wären es 0,6462 ha_e, für 8 ha sind es 5,1696 ha_e</p> <p>oLCA: 5,1696 ha tillage, ploughing (einmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Für das Untergrundlockern, welches durch 40 cm tiefes Grubbern erfolgte, wurde der ecoinvent-Prozess „tillage, ploughing“ verwendet.</p> <p>Dabei liegt laut Nemecek & Kägi (2007, S.190) der Treibstoffverbrauch bei 26,11 kg/ha, also 30,95 l/ha. Laut Hauer et al. (2012, S.11) liegt der Treibstoffbedarf für das Untergrundlockern bei 20 l/ha.</p> <p>Daher: 0,6462 ha_e für 1 ha_r</p>
eigene Annahme: Nacharbeiten beim Untergrundlockern	<p>für 1 ha wären es 1,24 ha_e, für 8 ha sind es 9,92 ha_e</p> <p>oLCA: 9,92 ha tillage, harrowing by rotary harrow (einmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Angelehnt an Richter (2010, S.138ff.) wird nach dem Rigolen der Boden eingeebnet. Die durchschnittliche Flächenleistung für Grubbern und Fräsen beträgt laut Hauer et al. (2012, S.11) 1,7 h/ha bei einem Treibstoffverbrauch von 11 l/ha. Laut Nemecek & Kägi (2007, S.193) beträgt der Treibstoffverbrauch 11,49 kg (oder 13,68 l). Daher: 1,24 ha_e für 1 ha_r</p>
Auszeilen Richter (2010, S.138ff.) (mit Anhänger)	<p>oLCA: 8 ha sowing without agricultural machinery (einmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Laut Richter (2010, S.138ff.) Arbeitszeitbedarf pro ha von einer Traktorstunde. Das entspricht 8 Traktorstunden auf 8 ha.</p>
pflanzen (mit Anhänger)	<p>oLCA: 8 ha sowing without agricultural machinery (einmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Laut Richter (2010, S.140) eine Traktorstunde/ha, das sind auf 8 ha: 8 Traktorstunden</p>
Pflanzstäbe verteilen (mit Anhänger)	<p>oLCA: 5,6 ha sowing without agricultural machinery (einmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Laut Richter (2010, S.140) eine Traktorstunde/4000 Pflanzstäbe Das entspricht 5,6 Traktorstunden für 22400 Pflanzstäbe</p>
Stickel anfahren, verteilen, schlagen (mit Anhänger)	<p>oLCA: 33,23 ha sowing without agricultural machinery (eigene Annahme: zehnmal Anfahrt mit Traktor)</p>	<p>Laut Richter (2010, S.140) 10 Traktorstunden/1300 Steher In Betrieb werden berechnete 4320 Steher verwendet, das entspricht 33,23 Traktorstunden</p>
Drähte ziehen	<p>oLCA: 7,68 ha sowing without</p>	<p>Laut Richter (2010, S.140) 10 Traktorstunden/30609 m Drahtlauflänge</p>

(mit Anhänger)	agricultural machinery (zweimal Anfahrt mit Traktor)	Die benötigte Drahtlauflänge beträgt in Betrieb B 23500 m. Das entspricht 7,68 Traktorstunden
Endsticker verankern (mit Anhänger)	oLCA: 8,64 ha sowing without agricultural machinery (einmal Anfahrt mit Traktor)	Laut Richter (2010, S.140) 2 Traktorstunden/100 Endsticker In Betrieb B wurden 432 Endsticker verwendet. Das entspricht 8,64 Traktorstunden
Bodenbearbeitung (Grubbern, eggen, fräsen etc.) 13,3 Traktorstunden Traktor 1 39 Traktorstunden Traktor 2 Summe: 52,3 Traktorstunden	für drei Jahre sind das: $17,85 \text{ ha}_e * 3 = \mathbf{53,55 \text{ ha}}$ oLCA: 53,55 ha tillage cultivating, chiseling (eigene Annahme: zwölfmal Anfahrt mit Traktor)	Laut Hauer et al. (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 52,3 Traktorstunden 30 ha, also 30 Arbeitsgängen (30 ha Grubbern). Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha _r werden 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. $0,595 \text{ ha}_e * 30 \text{ Arbeitsvorgänge „Grubbern“} = 17,85 \text{ ha}_e$ eigene Annahme: 30 ha Grubbern entspricht ca. viermal Anfahrt mit dem Traktor (30ha/8ha), also in 3 Jahren zwölfmal Anfahrt mit dem Traktor.
Mulchen – 4x/a 2,7 Traktorstunden Traktor 1 12 Traktorstunden Traktor 2	oLCA: 275,52 ha mulching (zweimal Anfahrt mit Traktor)	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Mulchen etwa 12 l Treibstoff/ha benötigt. => oLCA: 2,87 ha _e entsprechen 1 ha _r , $2,87 \text{ ha}_e * 8 \text{ ha}_r * 4\text{-mal mulchen} = 91,84 \text{ ha}_e$ In drei Jahren sind das: $91,84 \text{ ha}_e * 3 = 275,52 \text{ ha}_e$
Begrünung anbauen 3 Traktorstunden Traktor 2	oLCA: 7,92 ha sowing (dreimal Anfahrt mit Traktor – jedes Jahr einmal)	Beim ecoinvent-Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht. Laut Hauer et al. (2012, S.11) beträgt der durchschnittliche Verbrauch 3 l/ha. $3 \text{ l} / 4,548 \text{ l} = 0,66$ Einem tatsächlichen ha entsprechen daher 0,66 ha auf ecoinvent. ($1 \text{ ha}_r = 0,66 \text{ ha}_e$) Da nur jede zweite Zeile begrünt wird, werden in Summe nur 4 ha begrünt. $0,66 \text{ ha}_e * 4 \text{ ha}_r = 2,64 \text{ ha}_e$ in drei Jahren sind das: $2,64 \text{ ha}_e * 3 = 7,92 \text{ ha}_e$
siebenmal Pflanzenschutzmittel ausbringen 46 Traktorstunden Traktor 1 7 Traktorstunden Traktor 2 Summe: 53 Traktorstunden	oLCA: 266,56 ha application of plant protection products (14-mal Anfahrt mit Traktor)	Laut Hauer et al. (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l/ha, daher $5 \text{ l} / 2,1 \text{ l} = 2,38 \text{ ha}_e$ pro einmal Pflanzenschutzmittel ausbringen. $2,38 \text{ ha}_e * 7\text{-mal Ausbringung} * 8 \text{ ha} = 133,28 \text{ ha}_e$ in zwei Jahren sind das: $133,28 \text{ ha}_e * 2 \text{ Jahre} = 266,56 \text{ ha}_e$

Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper	Korrektur Anfahrtsweg mit Schlepper: oLCA: minus -22 ha sowing	Die Flächen des Weingartens liegen nur 0,5 km vom Betrieb entfernt. In den ecoinvent-Daten werden automatisch für jeden ha eines Bearbeitungsprozesses 1 km Anfahrt mit eingerechnet. Bei 689,7896 bearbeiteten ha _e entspricht das 689,7896 km Anfahrtsweg. In der Realität fällt bei 59 Anfahrten aber nur ein Anfahrtsweg von 29,5 km an. Es müssen daher 660,2896 km an von ecoinvent zu viel angenommenen Anfahrtswegen wieder abgezogen werden. Dies erfolgt im oLCA-Prozess „Korrektur Anfahrtsweg“ Angenommen, der Traktor fährt durchschnittlich 30 km/h, dann entsprechen 660,2896 km 22 Traktorstunden. Der Dieselverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 85 PS bei etwa 4,2 l/h (Hauer et al.2012, S.12). Bei Beim ecoinvent-Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht. Eine Traktorstunde mit diesem Traktor wird daher im Folgenden einem ha „sowing“ gleichgesetzt. 22 Traktorstunden entsprechen daher 22 ha „sowing“.
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW	50 x pro Jahr * 1 km * 3 Jahre oLCA: 150 vkm operation, passenger car, diesel, EURO4	Betrieb B verfügt über einen PKW Baujahr 2007, Diesel. Laut Abgasnorm entspricht das der Stufe Euro 4.
PKW Produktion	150/200000 = 0,00075 Stück oLCA: 0,00075 Stück passenger car	Nutzungsdauer: Da auch in den ecoinvent-Berichten nicht steht, auf welche Lebenszeit die Werte bezogen sind, wird von einer Nutzungsdauer von 200.000 km ausgegangen. Mit dem PKW wird etwa 50-mal pro Jahr zum Weingarten gefahren → 50 km/Jahr oder 150 km in drei Jahren
PKW Entsorgung	oLCA: disposal, passenger car: 0,00075 Stück	
Material für Neuanlage des Weingartens		
Pflanzgut (Pfropfreben)	oLCA: 294 km operation, van < 3,5 t	Herstellung der Pfropfreben wurde nicht berücksichtigt. Transportweg von der Rebschule zum Weingarten einfach: 147 km eigene Annahme: Transport der Reben mit einem Van < 3,5 t.
Pflanzstäbe aus blankem Eisen 1,55 m x 8 mm	0,611 * 2800 = 1710,8 kg/ha oder 13686,4 kg für 8 ha oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 13686,4 kg steel product manufacturing, average metal working: 13686,4	laut Westfälische Stahlgesellschaft (2015): 0,611 kg/Pflanzstab

<p>Steher aus verzinktem Eisen 2,7 m lang, (Artos Reihenpfahl C-60, Materialstärke 1,6 mm) geschätzte Haltbarkeit ist mind. 35 Jahre</p>	<p>kg</p> <p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 12080,88 kg steel product manufacturing, average metal working: 12080,88 kg</p> <p>Verzinkung: 255,8304 m²/ha oder 2046,6432 m² je 8 ha.</p> <p>oLCA: zinc coating, pieces: 2046,6432 m²</p>	<p>Steheranzahl: Fläche A und B je 4 ha, Zeilenlänge: 125 m, gesamte Lauflänge der Zeilen laut Fragebogen 23500 m und Abstand zwischen zwei Stehern: 6 m. 23500 m/125 m = 188 Zeilen 125 m/6 m + 1 Steher - 2 Endsteher sind ca. 20 Steher pro Zeile, also 3760 Steher. Ein Artos Reihenpfahl C-60 mit einer Länge von 2,7 m wiegt laut Weinheimer (s.a.) 4,59 kg. Bei einem Gewicht von je 4,59 kg sind das: 3760 Steher * 4,59 kg = 17258,4 kg Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden. 17258,4 kg * 0,7 = 12080,88 kg</p> <p>Berechnung Verzinkung: Umfang in cm gemessen: (6 cm + 4,2 cm * 2 cm) * 2 = 28,8 cm Oberfläche: 0,288 m * 2,7 m = 0,7776 m² pro Steher Das sind 0,7776 m² * 3760 Steher = 2923,776 m²/8 ha 2923,776 m² * 0,7 = 2046,6432 m²</p>
<p>Endsteher aus verzinktem Eisen (Voest 60/60) 2,75 m lang</p>	<p>315,182 kg/ha bzw. 2521,456 kg/8ha</p> <p>oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90% Recyclingstahl: 3602,08 kg steel product manufacturing, average metal working: 3602,08 kg</p> <p>Verzinkung: 32,571 m²/ha oder 260,567 m²/8 ha</p> <p>oLCA: zinc coating, pieces: 260,567 m²</p>	<p>Berechnung Steheranzahl 188 Zeilen, je 2 Endsteher = 376 Endsteher Der Endpfahl von Voest, Typ 90 mit einer Länge von 2,75 m wiegt 9,58 kg und hat eine Materialstärke von 2,5 mm (Weis 2015). 9,58 kg * 376 Endsteher = 3602,08 kg/8 ha Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden. 3602,08 kg * 0,7 = 2521,456 kg</p> <p>Berechnung Verzinkung: Umfang gemessen: (6 cm + 6 cm * 2 cm) * 2 = 36 cm Oberfläche: 0,36 m * 2,75 m = 0,99 m² pro Steher Das sind 0,99 m² * 376 Endsteher = 372,24 m²/8 ha 372,24 m² * 0,7 = 260,567 m²</p>

<p>Draht (Legierung aus 5% Aluminium und 95 % Zink, 6 Drähte mit 2mm und 1 Draht mit 2,2 mm) 23500 Laufmeter</p>	<p>529,1 kg Draht/ha oder 4232,83 kg/8ha oLCA: zinc, from combined metal production, at beneficiation: 4021,19 kg aluminium, production mix, at plant: 211,64 kg wire drawing, steel: 4232,83 kg</p>	<p>23500 Laufmeter: 6 * 23500 = 141000 m Draht mit 2 mm Durchmesser und 23500 m Draht mit 2,2 mm Durchmesser 25 kg dieses Drahtes mit 2 mm Durchmesser haben eine Lauflänge von ca. 1000 m, mit 2,2 mm Durchmesser beträgt die Lauflänge ca. 830 m je 25 kg Draht. 25 * 23500/830 + 25 * 141000/1000 = 4232,83 kg/8 ha 95 % Zink entsprechen 4232,83 kg * 0,95 = 4021,19 kg Zink 5 % Aluminium entsprechen 4232,83 kg * 0,05 = 211,64 kg Aluminium</p>
<p>eigene Annahme: Drahtspanner</p>	<p>0,084 kg * 200 Stück = 16,8 kg/ha bzw. 134,4 kg/8ha oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 134,4 kg steel product manufacturing, average metal working: 134,4 kg Verzinkung: 1,92 m²/ha bzw. 15,36m²/8 ha oLCA: zinc coating, pieces: 15,36 m²</p>	<p>Laut Richter (S.138ff.) werden 300 Stück pro ha gebraucht. Da in Betrieb jedoch nur etwa zwei Drittel des im hypothetischen Referenzbetrieb R benötigten Drahtes verwendet werden, wird davon ausgegangen, dass auch dementsprechend weniger Drahtspanner verwendet werden und dementsprechend 200 Stück Drahtspanner pro ha angenommen. eigene Annahme: Produkt von GAH Alberts (Artikelnummer 61110 1) (Gust. Alberts GmbH & Co. KG 2011) je Stück (100 mm) : 0,084 kg Berechnung Verzinkung: Maße sind in etwa: (10 cm + 2 cm) lang * 2 cm hoch 0,12 m * 0,02 m * 4 (weil innen und außen)= 0,0096 m² pro Stück, mal 200 sind das 1,92 m²</p>
<p>eigene Annahme: Stabanker</p>	<p>54 Stück * 0,431 kg = 23,274 kg/ha oder 186,192 kg/8ha oLCA: niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 183,192 kg steel product manufacturing, average metal working: 186,192 kg Verzinkung: 0,024002 * 54 = 1,296108 m²/ha bzw. 10,368864 m²/8 ha oLCA: zinc coating, pieces: 10,368864 m²</p>	<p>je zwei Stabanker pro Zeile → 54 Stück eigene Annahme: Erdanker (Artikelnr. 708010) (Weis 2015) Länge: 700 mm Breite: 10 mm Scheibe am unteren Ende: 80 mm Durchmesser. Gewicht: laut Westfälische Stahlgesellschaft (2015): 0,431 kg pro Stück bzw. Berechnung Verzinkung: Stab: 2 * 0,005 * pi * 0,7 m = 0,021991 m² Scheibe am unteren Ende (Annahme: 2 mm dick): 2 * 2 * 0,08m * pi * 0,002 m = 0,002011 m² in Summe pro Stück: 0,024002 m²</p>

eigene Annahme: Einzelrebschützer	2800 * 0,015 kg= 42 kg oLCA: 42 kg HDPE granulate, at plant 42 kg extrusion	230 mm breit; 600 mm hoch, Polyethylenetz; als Gewicht werden laut Rudolf Klojer GmbH. (s.a.) 15 g/Stück angenommen), Material: HDPE
eigene Annahme: Entsorgung Einzelrebschützer		Eigene Annahme: es wird davon ausgegangen, dass die Rebschützer recycelt werden.
Hagelschutznetz aus Polyethylen 6700 m ² /ha, Haltbarkeit mit 20 Jahren abgeschätzt.	515,9 kg/ha oder 4127,2 kg/8ha oLCA: 4127,2 kg polyethylene, HDPE, granulate, at plant 4127,2 kg extrusion, plastic film	Da eine Haltbarkeit von 20 Jahren angenommen wird, und von einer Lebensdauer des Weingartens von 35 Jahren ausgegangen wird, wird die PE-Menge mit dem Faktor 1,75 multipliziert. eigene Annahme: Verwendung eines Hagelschutznetzes mit Maschenweite: 3 * 8 mm (Agroflor Kunststoff GmbH s.a.) Gewicht: 44 g/m ² , Maß: 3 * 200 m 0,044 kg * 6700 m ² * 1,75 = 515,9 kg
eigene Annahme: Entsorgung Hagelschutznetz		Eigene Annahme: Es wird davon ausgegangen, dass die Hagelschutznetze recycelt werden.
Transport aller Materialien zum Betrieb	eigene Annahme: ca. 50 km Entfernung Materialgewicht: 36966,358 kg oLCA: 1848,3179 tkm transport, lorry 16-32t, EURO5	Laut Huber Spedition GmbH (s.a.) hat ein LKW mit 26 t Eigengewicht 18000 kg Nutzlast, mit 12-18t Eigengewicht 10000 kg Nutzlast, mit 40 t Eigengewicht 25000 kg Nutzlast.
Input – Dünger in der Neuanlage/Junganlage (Herstellung)	28,125 * 8 = 225 kg/8 ha Stickstoff	Begrünung mit Buchweizen, Rotklee, Weißklee, Gelbklee, Winterwicke. Jede zweite Reihe ist für ca. 2 Monate offen, dann erfolgt Begrünung. Eine Berechnung nach Kolbe et al (2004, S. 47 und 49) und Mehofer (2010, 35f.) ergab einen Stickstoffeintrag aus der Luft durch Leguminosen von 38,152 kg /ha/Jahr und eine Stickstoffauswaschung von 17,524 kg/ha/a in Ertragsanlage. Für die Neuanlage wurden keine eigenen Werte berechnet, es werden die Werte von der Ertragsanlage anteilmäßig in die Ökobilanz miteinbezogen.
Einsaat Begrünung Saatgut	oLCA: 640 kg grass seed organic, at regional storehouse	Jede 2. Reihe ist für ca. 2 Monate offen. Dann erfolgt Begrünung. Eigene Annahme: Andere Reihen sind durchgehend begrünt Laut Saatbau Linz (s.a.) sind bei Begrünung jeder 2. Reihe etwa 10 – 12 kg/ha nötig.

		<p>Es wird die Wolff-Mischung verwendet, die laut Austro Saat (s.a.) eine Aufwandsmenge von 40 kg/ha (bzw. 20 kg/ha bei Begrünung von nur jeder zweiten Gasse) hat.</p> <p>1. Jahr: 40 kg * 8 ha = 320 kg 2. und 3. Jahr: 20 kg * 8 ha = 160 kg * 2 Jahre = 320 kg Summe: 640 kg Saatgut, davon 512 kg Leguminosen und 128 kg Nicht-Leguminosen. Da es auf ecoinvent jedoch kein Biosaatgut für Leguminosen gibt, wird der Prozess „grass seed organic, at regional storehouse“ verwendet.</p>
Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 157,2 kg nitrogen	Laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha In drei Jahren entspricht das 19,65 kg/ha und 157,2 kg/8 ha
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	oLCA: 915,648 kg nitrogen	38,1519375 kg/ha/a In drei Jahren entspricht das 114,456 kg/ha und 915,648 kg/8 ha
Output-Dünger in der Neuanlage/Junganlage		Berechnung siehe Anhang I
NO ₃ ins Wasser	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 495,0871683 kg N in Form von Nitrat ins Grundwasser <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> oLCA: 300,2951608 kg N in Form von Nitrat ins Grundwasser	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 495,0871683 kg NO ₃ /8 ha/3 Jahre <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 300,2951608 kg NO ₃ /8 ha/3 Jahre
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 67,50063592 kg N₂O/8 ha/3 Jahre <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> oLCA: 65,77264231 kg N₂O/8 ha/3 Jahre	Nemecek & Kägi (2007, S.36): $N_2O = 44/28 * (0,0125 (N_{available} - 14/17 * NH_3 + N_{cropresidues} + 0,6 N_{biological\ fixation}) + 0,01 * 14/17 * NH_3 + 0,025 * 14/62 * NO_3)$ <u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 67,50063592 kg N ₂ O/8ha/3 Jahre <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 65,77264231 kg N ₂ O/8 ha/3 Jahre
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 14,17513354 kg NO_x/8 ha/3 Jahre <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> oLCA: 13.81225488 kg NO_x/8 ha/3 Jahre	Laut Nemecek und Kägi (2007, 36) sind das 0,21 * N ₂ O Emissionen <u>Szenario 20% Auswaschung:</u> 14,17513354 kg NO_x/8 ha/3 Jahre <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 13,81225488 kg NO_x/8 ha/3 Jahre

Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage – Input		Es wird angenommen, dass die Pflanzenstärkungsmittel ab dem 2. Jahr angewandt werden (also 2 Jahre in der Junganlage).
Netzschwefel 111,3 kg/Jahr (Reiner Schwefel: 93,55 kg)	oLCA: 187,1 kg secondary sulphur, at refinery	Die Schwefelpräparate enthalten 80 bzw. 88 % Schwefel => 93,55 kg reiner Schwefel 93,55 * 2 Jahre = 187,1 kg
Reinkupfer insgesamt 1,39 kg, pro ha: 0,18 kg	für zwei Jahre: oLCA: 2,78 kg copper, at regional storage	Auf ecoinvent existiert kein Datensatz für die spezifischen Kupferpräparate, die zu Pflanzenschutz Zwecken verwendet werden, daher wurde für diese Arbeit der Datensatz „copper, at regional storage“ gewählt.
Cocana 9,1 kg/8 ha/a	oLCA: 0,91 kg ethanol from ethylene, at plant	Cocana besitzt laut EG-Sicherheitsdatenblatt (Biofa AG 2009) 26-28 % Seifengehalt. In ecoinvent gibt es keinen Datensatz für Cocana, daher wurde der Datensatz für Alkoholethoxylat (ein Tensid) aus Kokosnussöl gewählt. Bei einer Gesamtmenge an 9,1 kg Cocana ergeben sich für ein Jahr 2,457 kg Seifengehalt (Alkoholethoxylate). In 2 Jahren: 4,914 kg Dem Sicherheitsdatenblatt zufolge enthält Cocana auch bis zu 5 % Ethanol. Das sind bei 9,1 kg Cocana 0,455 kg Ethanol pro Jahr und in zwei Jahren 0,91 kg Ethanol.
Vitisan LS 6160 54,4 kg = Kaliumhydrogencarbonat	oLCA: 108,8 kg potassium carbonate, at plant	Da es auf ecoinvent keinen Datensatz zu Kaliumhydrogencarbonat gibt, wurde für diese Ökobilanz der Datensatz zu Kaliumkarbonat verwendet. In 2 Jahren: 108,8 kg
Prev – B2 20,5 kg	oLCA: 3,32 kg ethoxylated alcohols, unspecified, at plant	Prev-B2 enthält laut Biohelp (2013) 8,1 % Fettalkoholethoxylat. Das wäre bei 20,5 kg ein Fettalkoholethoxylatanteil von 1,66 kg. In 2 Jahren: 3,32 kg
Alginure 46,1 kg		Leider konnte für das Produkt Alginure keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
IsonetL/E2842 3960 Stück		Leider konnte für das Produkt IsonetL/E2842 keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage - Output		
Schwefel	für zwei Jahre: oLCA: 3,742 kg Schwefeloxide,	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird

	Luftemissionen/unspezifiziert 8,98 kg SO₄ Wasseremissionen/ Grundwasser 180,3644 kg Schwefel, Bodenemissionen/ Landwirtschaft	<p>hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen.</p> <p>1,6 % von 93,55 kg = 1,4968 kg Schwefel gelangen ins Grundwasser (in zwei Jahren: 2,9936 kg, das entspricht 8,98 kg SO₄)</p> <p>2 % von 93,55 kg = 1,871 kg Schwefel werden in die Luft emittiert (in zwei Jahren 3,742 kg)</p> <p>96,4% von 93,55 kg = 90,1822 kg Schwefel gelangen in den Boden (in zwei Jahren sind das 180,3644 kg)</p>
Kupfer	für zwei Jahre: oLCA: 2,641 kg Bodenemissionen Kupfer	Formel für Kupfer und Zink aus Pflanzenschutzmitteln (Freiermuth 2006, S.20): $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff}} \cdot p_{\text{Wirkstoff } i} \cdot 0,95$ <p>Annahme: 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln werden in den Boden ausgewaschen, 5 % werden von der Pflanze aufgenommen.</p> <p>1,39 kg * 0,95 = 1,3205 kg</p>
<u>Ertragsanlage</u>		
Maschinenpark – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger 16 Stunden für Ernte	oLCA: 3,73 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H 700 kg, Nutzungsdauer laut Hauer et al. (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger wird insgesamt 16 Stunden im Weingarten genutzt $700 \text{ kg} \cdot 16 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 3,73 \text{ kg}$
Arbeitsschritte		
Bodenbearbeitung (Grubbern, eggen, fräsen etc.) 13,3 Traktorstunden Traktor 1 39 Traktorstunden Traktor 2 Summe: 52,3 Traktorstunden	oLCA: 17,85 ha tillage cultivating, chiseling (viermal Anfahrt mit dem Traktor)	Laut Hauer et al. (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 52,3 Traktorstunden 30 ha, oder Arbeitsgängen (Grubbern). Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha _r werden 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. $0,595 \text{ ha}_e \cdot 30 \text{ Arbeitsvorgänge „Grubbern“} = 17,85 \text{ ha}_e$

		eigene Annahme: 30 ha Grubbern entspricht ca. viermal Anfahrt mit dem Traktor (30 ha/8 ha)
Mulchen – viermal/a Einmal Mulchen: 2,7 Traktorstunden Traktor 1 12 Traktorstunden Traktor 2	oLCA: 91,84 ha mulching (viermal Anfahrt mit dem Traktor)	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Mulchen etwa 12 l Treibstoff/ha benötigt. => oLCA: 2,87 ha _e entsprechen 1 ha _r , 2,87 ha _e * 8 ha _r * 4-mal mulchen = 91,84 ha _e
Begrünung anbauen 3 Traktorstunden Traktor 2	oLCA: 2,64 ha sowing (einmal Anfahrt mit dem Traktor)	Beim ecoinvent-Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht. Laut Hauer et al. (2012, S.11) beträgt der durchschnittliche Verbrauch 3 l/ha. 3 l/4,548 l = 0,66 Einem tatsächlichen ha entsprechen daher 0,66 ha auf ecoinvent. (1 ha _r = 0,66 ha _e) Da nur jede zweite Zeile begrünt wird, werden in Summe nur 4 ha begrünt. 0,66 ha _e * 4 ha _r = 2,64 ha _e
siebenmal Pflanzenschutzmittel ausbringen 46 Traktorstunden Traktor 1 7 Traktorstunden Traktor 2 Summe: 53 Traktorstunden	oLCA: 133,28 ha application of plant protection products (siebenmal Anfahrt mit dem Traktor)	Laut Hauer et al. (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l/ha, daher 5 l/2,1 l = 2,38 ha _e pro einmal Pflanzenschutzmittel ausbringen. 2,38 ha _e * 7-mal Ausbringung * 8 ha = 133,28 ha _e
Ernte an 21 Tagen (halbtags) von 9 Personen 16 Traktorstunden Traktor 1	oLCA: 16 ha sowing without agricultural machinery (21-mal Anfahrt mit dem Traktor)	
Laubarbeiten und sonstige Pflegearbeiten im Weingarten 4,5 Traktorstunden Traktor 2	oLCA: 4,5 ha tillage, rolling without agricultural machinery (eigene Annahme: zweimal Anfahrt mit dem Traktor)	
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper	Korrektur Anfahrtsweg mit Schlepper: oLCA: minus - 8,2 ha sowing	Die Flächen des Weingartens liegen nur 0,5 km vom Betrieb entfernt. In den ecoinvent-Daten werden automatisch für jeden ha eines Bearbeitungsprozesses 1 km Anfahrt mit eingerechnet. Bei 266,11 bearbeiteten ha _e entspricht das 266,11 km Anfahrtsweg. In der Realität fällt bei 39 Anfahrten aber nur ein Anfahrtsweg von 19,5 km an. Es müssen daher 246,61 km an von ecoinvent zu viel angenommenen Anfahrtswegen wieder abgezogen werden. Dies erfolgt im oLCA-Prozess „Korrektur Anfahrtsweg mit Schlepper“. Angenommen, der Traktor fährt durchschnittlich 30 km/h, dann entsprechen 246,61 km

		<p>8,2 Traktorstunden.</p> <p>Der Dieserverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 85 PS bei etwa 4,2 l/h (Hauer et al. 2012, S.12). Bei Beim ecoinvent-Prozess „sowing“ werden 4,548 l Treibstoff/ha verbraucht. Eine Traktorstunde mit diesem Traktor wird daher im Folgenden einem ha „sowing“ gleichgesetzt. 8,2 Traktorstunden entsprechen daher 8,2 ha „sowing“.</p>
Anfahrtsweg zu/von den Weingärten mit PKW	<p>50-mal pro Jahr * 1 km</p> <p>oLCA: 50 vkm operation, passenger car, diesel, EURO4</p>	<p>Betrieb B verfügt über einen PKW Baujahr 2007, Diesel.</p> <p>Laut Abgasnorm entspricht das der Stufe Euro 4.</p>
PKW Produktion	<p>50/200000 = 0,00025 Stück</p> <p>oLCA: 0,00025 Stück passenger car</p>	<p>Nutzungsdauer: Da auch in den ecoinvent-Berichten nicht steht, auf welche Lebenszeit die Werte bezogen sind, wird von einer Nutzungsdauer von 200.000 km ausgegangen. Mit dem PKW wird etwa 50-mal pro Jahr zum Weingarten gefahren → 50 km/Jahr</p>
PKW Entsorgung	<p>oLCA: disposal, passenger car: 0,00025 Stück</p>	
Düngung in Ertragsanlage – Input		<p>Begrünung mit Buchweizen, Rotklee, Weißklee, Gelbklee, Winterwicke.</p> <p>Jede zweite Reihe ist für ca. 2 Monate offen, dann erfolgt Begrünung.</p> <p>Eine Berechnung nach Kolbe et al (2004, S. 47 und 49) und Mehofer (2010, S.35f.) ergab einen Stickstoffeintrag aus der Luft durch Leguminosen von 38,152 kg /ha/a. Insgesamt ergab meine Berechnung eine Stickstoffauswaschung von 17,524 kg Stickstoff pro Jahr.</p>
Saatgut Gründüngung	<p>oLCA:</p> <p>80 kg grass seed organic, at regional storehouse</p>	<p>20 kg Wolff-Mischung /ha entspricht 160 kg auf 8 ha. Es wird aber nur jede zweite Zeile pro Jahr neu begrünt bzw. eingesät, daher: 80 kg auf 4 ha.</p> <p>80 kg * 0,8 = 64 kg Leguminosen</p> <p>80 kg * 0,2 = 16 kg Nicht-Leguminosen</p> <p>Da es auf ecoinvent jedoch kein Biosaatgut für Leguminosen gibt, wird der Prozess „grass seed organic, at regional storehouse“ verwendet.</p>
Stickstoffeintrag durch Deposition	<p>oLCA: 52,4 kg nitrogen</p>	<p>laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha oder 52,4 kg/8 ha</p>
von Leguminosen aus der Luft	<p>oLCA: 305,2155 kg nitrogen</p>	<p>38,1519375 kg/ha/a oder 305,2155 kg/8 ha/a</p>

aufgenommener Luftstickstoff		
Düngung in Ertragsanlage – Output		Berechnung siehe Anhang I
NO ₃ ins Wasser	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 165,0290561 kg N in Form von Nitrat ins Grundwasser <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 100,0983869 kg N in Form von Nitrat ins Grundwasser	<u>Szenario 20% Auswaschung: 165,0290561 kg NO₃/8 ha/Jahr</u> <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 100,0983869 kg NO₃/8 ha/Jahr
PO ₄ ins Wasser		Da keine Düngung mit PO ₄ wird davon ausgegangen, dass es auch nicht zu PO ₄ -Auswaschungen kommt.
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 22,50021197 kg N₂O/8 ha/Jahr <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 21,9242141 kg N₂O/8 ha/Jahr	Nemecek & Kägi (2007, 36): $N_2O = 44/28 * (0,0125 (N_{available} - 14/17 * NH_3 + N_{cropresidues} + 0,6 N_{biological\ fixation}) + 0,01 * 14/17 * NH_3 + 0,025 * 14/62 * NO_3)$ <u>Szenario 20% Auswaschung: 22,50021197 kg N₂O/8 ha/Jahr</u> <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 21,9242141 kg N₂O/8 ha/Jahr
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20% Auswaschung:</u> oLCA: 4,725044515 kg NO_x/8 ha/a <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 4,604084961 kg NO_x/8 ha/a	<u>Szenario 20% Auswaschung: 4,725044515 kg NO_x/ha/a</u> <u>Szenario 50%/20% Auswaschung:</u> 4,604084961 kg NO_x/ha/a
Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		
Netzschwefel 111,3 kg (Reiner Schwefel: 93,55 kg)	oLCA: 93,55 kg secondary sulphur, at refinery	Die Schwefelpräparate enthalten 80 bzw. 88 % Schwefel => 93,55 kg reiner Schwefel

Reinkupfer insgesamt 1,39 kg pro ha: 0,18 kg	oLCA: 1,39 kg copper, at regional storage	Auf ecoinvent existiert kein Datensatz für die spezifischen Kupferpräparate, die zu Pflanzenschutz Zwecken verwendet werden, daher wurde für diese Arbeit der Datensatz „copper, at regional storage“ gewählt.
Cocana 9,1 kg	oLCA: 0,455 kg ethanol from ethylene, at plant	Cocana besitzt laut EG-Sicherheitsdatenblatt (Biofa 2009) 26-28 % Seifengehalt. In ecoinvent gibt es keinen Datensatz für Cocana, daher wurde der Datensatz für Alkoholethoxylat (ein Tensid) aus Kokosnussöl gewählt. Bei einer Gesamtmenge an 9,1 kg Cocana ergeben sich für ein Jahr 2,457 kg Seifengehalt (Alkoholethoxylate). Dem Sicherheitsdatenblatt nach enthält Cocana auch bis zu 5 % Ethanol. Das sind bei 9,1 kg Cocana 0,455 kg Ethanol.
Vitisan LS 6160 54,4 kg	oLCA: 54,4 kg potassium carbonate, at plant	Da es auf ecoinvent keinen Datensatz zu Kaliumhydrogencarbonat gibt, wurde für diese Ökobilanz der Datensatz zu Kaliumkarbonat verwendet.
Prev – B2 20,5 kg	oLCA: 1,66 kg ethoxylated alcohols, unspecified, at plant	Prev-B2 enthält laut biohelp (2013) 8,1 % Fettalkoholethoxylat. Das wäre bei 20,5 kg ein Fettalkoholethoxylatanteil von 1,66 kg.
Alginure 46,1 kg		Leider konnte für das Produkt Alginure keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
IsonetL/E2842 3960 Stück		Leider konnte für das Produkt IsonetL/E2842 keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Output		
Schwefel	oLCA: 1,871 kg Schwefel, Luftemissionen/unspezifiziert 4,4904 kg SO₄ Wasseremissionen/ Grundwasser 90,1822 kg Schwefel Bodenemissionen/ Landwirtschaft	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen. 1,6 % von 93,55 kg = 1,4968 kg Schwefel (das entspricht 4,4904 kg SO ₄) gelangen ins Grundwasser 2 % von 93,55 kg = 1,871 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4 % von 93,55 kg = 90,1822 kg Schwefel gelangen in den Boden
Kupfer	oLCA: 1,3205 kg Bodenemissionen Kupfer	Formel für Kupfer und Zink aus Pflanzenschutzmitteln (Freiermuth 2006, S.20): $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff}} \cdot p_{\text{Wirkstoff } i} \cdot 0.95$

		Annahme: 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln werden in den Boden ausgewaschen, 5 % werden von der Pflanze aufgenommen. $1,39 \text{ kg} * 0,95 = 1,3205 \text{ kg}$
<u>Lagerung</u>		Da die Lagerung im hypothetischen Referenzbetrieb R keinen signifikanten Einfluss auf die Umweltwirkungen der Tafeltraubenproduktion hat, wurden für Betrieb B adaptierte Werte aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R herangezogen.
Gebäude	0,000002644 ha building, hall	Annahme: Lagerung in Steigen mit den Maßen 60 x 40 x 15 cm und einer Grundfläche von 0,24 m ² . Gesamtertrag: 52000 kg Trauben/a bzw. 2476 kg/Tag. 5 kg/Steige => 459 Steigen/Tag. Eigene Annahme: Es werden 3 x 459 (= 1377) Steigen benötigt, da davon ausgegangen wird, dass die leeren Steigen am 3. Transporttag wieder leer zurückgebracht werden. Laut Redl (2013) wird angenommen, dass die Trauben maximal 2 Tage im Lager verbleiben. Wenn im Lager jeweils 10 Kisten übereinander gestapelt sind, entspricht das pro Tag 45,9 Steigen nebeneinander (Grundfläche insgesamt: 11,016 m ²). Für zwei Tage wären das 22,032 m ² . Insgesamt werden die Trauben 22 Tage/Jahr gelagert, das entspricht 6 % eines Jahres. Wenn die Lebensdauer der Lagerhalle 50 Jahre beträgt, ergibt sich: $0,0022032 \text{ ha} * 0,06 / 50 = 0,000002644 \text{ ha}$
Maschinen zur Kühlung	oLCA: 0,0006499 Stück absorption chiller 100 kW	Berechnung des Energieverbrauchs nach Nielsen (2003) $E_p = E_s * 100\%/u * V_p * t$ E_s ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (kWh/m ³ /Tag). Für Kühlung bei 5°C beträgt dieser 0,59 kWh/m ³ /Tag. u ist der Benutzungsgrad des Lagers (%). 50 % wird als gute Schätzung angenommen. V_p ist das Volumen des gelagerten Produktes (m ³), hier: 33,048 m ³ . t ist die Lagerungsdauer in Tagen, hier: 22 Tage Der Stromverbrauch ergibt sich daher als: $0,59 * 2 * 33,048 * 22 = 857,926 \text{ kWh /Jahr}$ Leistung = Energie/Zeit => $857,926 \text{ kWh}/528 \text{ h} = 1,62486 \text{ kW}$

		Das ecoinvent-Gerät hat 100 kW, das heißt man bräuchte dann 0,0162486 Geräte. Wenn die Lebensdauer des Kühlgerätes 25 beträgt, wären das jährlich 0,0006499 Kühlgeräte.
Strom	oLCA: electricity mix 1544,256 MJ	nach Nielsen (2003) ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (0,59 kWh/m ³ /Tag) für 33,048 m ³ sind das 19,498 kWh/Tag oder 428,96 kWh/22 Tage 1 kWh = 3,6 MJ 428,96 * 3,6 = 1544,256 MJ
<u>Verpackungsmaterial</u>		Die Trauben werden in zusammenklappbaren, wiederverwendbaren Plastiksteigen geerntet (5 Tonnen Trauben können auf einmal geerntet werden). Die Plastiksteigen werden von der Firma IFCO für die Dauer der Erntezeit gemietet. Am Betrieb werden die Trauben auf Wunsch der Supermarktkette zu je 0,5 kg in Plastikschaalen verpackt und diese kommen wiederum in 5 kg-Kartons. Die Kartons werden nur einmal verwendet und dann entsorgt.
Erzeugung Plastikschaalen	pro Stück: oLCA: 0,0109 kg polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant 0,0109 kg blow moulding	Bei Papier Brinkmann GmbH wiegen 1400 Stück Plastikschaalen mit der Artikelnummer 625719113 15,26 kg. Das entspricht 0,0109 kg/Stück. Traubenertrag insgesamt 52000 kg/a => 104000 Plastikschaalen.
Entsorgung Plastikschaalen	0,0109 kg disposal, polyethylene terephthalate, 0,2 % water, to municipal incineration	Es wird angenommen, dass die Plastikschaalen mit dem normalen Hausmüll entsorgt werden.
Erzeugung Kartons	0,3313 kg corrugated board, recycling fibre, double wall, at plant	5-kg-Kartons: für 52000 kg Trauben: 10400 Kartons Laut Moosmann GmbH & Co. KG (2013) hat ein 5 kg-Obstkarton die Maße 393 x 293 x 145 mm (ohne Deckel ergibt das: 0,314 m ² /Obstkarton) Eine zweiwellige Wellpappe besteht laut üblicherweise aus einer B- und einer C-Welle mit den folgenden Gewichten: B-Welle: 380-630 g/m ² (durchschnittlich 505 g/m ²) C-Welle: 400-700 g/m ² (durchschnittlich 550 g/m ²) Das ergibt für eine BC-Welle ein durchschnittliches Gewicht von 1055 g/m ² und pro Obstkarton daher 0,3313 kg

Entsorgung Kartons		Es wird davon ausgegangen, dass die Kartons recycelt werden.
Plastiksteigen Herstellung	oLCA: 1,69 kg polypropylene, granulate, at plant 1,69 kg blow moulding pro Stück	Es werden zusammenklappbare Plastiksteigen der Firma IFCO verwendet. Die Steigen werden von der Firma für einen Monat verborgt. Für die Berechnungen wurde das Modell „Fresh Box ST6413“ mit einem Gewicht von 1,69 kg/Stück verwendet. (IFCO Systems GmbH (s.a.) Es wird angenommen, dass etwa 5 kg Trauben in eine Steige passen. für 5000 kg Trauben wären also 1000 Steigen nötig. Da die Steigen nur 1 Monat/ Jahr verwendet werden und die Lebensdauer mit 12,5 Jahren angenommen wird ergibt sich: 1000 Steigen/12 Monate/12,5 Jahre = 6,67 Stück/Jahr
Transport der Plastiksteigen	oLCA: 101,4 tkm transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5	1000 Steigen entsprechen einem Gewicht von 1690 kg. Es wird angenommen, dass die Steigen zweimal 30 km weit transportiert werden. Die Rückfahrt erfolgt jeweils leer. $30 \text{ km} * 1,69 \text{ t} * 2 = 101,4 \text{ tkm}$
Plastiksteigen Entsorgung		Die Plastiksteigen werden zu 100 % recycelt
<u>Transport zu den KundInnen oder zum Supermarkt</u>		Trauben werden in 5 kg Steigen oder Kartons mit Kühllastwägen etwa 150 km transportiert.
Vermarktung über einen Verteiler an Naturkostläden und eine Supermarktkette in Österreich, Entfernung: 150 km	oLCA: 7800 tkm transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5	52000 kg Trauben werden an 21 Tagen geerntet, das sind 2476,2 kg/Tag eigene Annahme: Trauben werden nach der Ernte sofort an den Supermarkt geliefert. $52 \text{ t} * 150 \text{ km} = 7800 \text{ tkm}$

Anhang E – Inputliste für Betrieb C

Neuanlage (und Junganlage)		
Alle Daten in dieser Spalte basieren, wenn nicht durch „eigene Annahme“ gekennzeichnet, auf den Angaben der Tafeltraubenproduzenten auf dem Datenerfassungsblatt.	Alle Daten in dieser Spalte finden sich in genau dieser Form in openLCA	
Maschinenpark in Neuanlage – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent-Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger	oLCA: 1,14 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H Gewicht: 700 kg, Nutzungsdauer laut Hauer et al.(2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger ist 4,88 h im Einsatz: $700 \text{ kg} * 4,88 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 1,14 \text{ kg}$
Bodenbearbeitung und weiterer Maschineneinsatz in Neuanlage - Arbeitsschritte		Da einige Arbeitsschritte in der Neuanlage im Datenerfassungsblatt nicht erhoben wurden, werden die Prozesse „Auszeilen“, „Pflöpfreben zuschneiden und paraffinieren“, „Pflanzen“, „Pflanzstäbe verteilen“, „Rebschützer verteilen“, „Stickel anfahren, verteilen, schlagen“, „Drähte ziehen“ und „Endstickel verankern“ aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R etwas an die Betriebe angepasst übernommen. Da eine einfache Fahrt zum bzw. auf dem Feld mit dem Traktor bei ecoinvent nicht existiert wurde der Prozess „tillage rolling“ für alle jene Arbeitsschritte verwendet. Beim Prozess „tillage rolling“ werden 3,7857 l Treibstoff/ha verbraucht. Ein Traktor mit 75 PS verbraucht laut Hauer et al. (2012, S.12) bei geringer Auslastung des Motors ca. 3,6 l Treibstoff pro ha, bei mittlerer Auslastung etwa 7,3 l und bei hoher Auslastung etwa 12,7 Liter. Eine Traktorstunde wird daher im Folgenden einem ha „tillage rolling“ gleichgesetzt.
Pflügen vor der Neuanlage (40 cm tief)	oLCA: 0,4265 ha tillage, ploughing	Beim Prozess „tillage, ploughing“ liegt laut Nemecek & Kägi (2007, S.190) der Treibstoffverbrauch bei 26,11 kg/ha, also 30,95 l/ha. Laut Hauer et al. (2013, S.11) liegt der

	1 x Anfahrt mit Traktor	Treibstoffbedarf für das Untergrundlockern bei 20 l/ha. Daher: 0,4265 ha _e für 0,66 ha _r
eigene Annahme: Nacharbeiten beim Rigolen	oLCA: 0,8184 ha tillage, harrowing by rotary harrow 1 x Anfahrt mit Traktor	Angelehnt an Richter (2010, S.138ff.) wird nach dem Rigolen der Boden eingeebnet. Die durchschnittliche Flächenleistung für Grubbern und Fräsen beträgt laut Hauer et al. (2013, S.11) 1,7 h/ha bei einem Treibstoffverbrauch von 11 l/ha. Laut Nemecek & Kägi (2007, S.193) beträgt der Treibstoffverbrauch 11,49 kg (oder 13,68 l). Daher: 1,24 ha _e für 1 ha _r und 0,8184 ha _e für 0,66 ha _r
Vorratsdüngung Ausbringung von 20 t Stallmist (Rindermist)	oLCA: 20000 kg solid manure loading and spreading, by hydraulic loader and spreader 1 x Anfahrt mit Traktor	
(nach Richter (2010, S.138ff.)) Auszeilen (mit Anhänger)	openLCA: 0,66 ha tillage, rolling without agricultural machinery 2x Anfahrt Traktor	Laut Richter (2010, S.138ff.) Arbeitszeitbedarf von 30 Akh (Arbeitskraftstunden) und 1 Traktorstunde, das sind bei 0,66 ha: 19,8 Akh und 0,66 Akh eigene Annahme: 2 Personen leisten die Arbeit an 2 Tagen
Pflanzen (mit Anhänger)	1x Anfahrt Traktor 0,66 ha tillage, rolling without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 5 Akh + 1 Traktorstunde, das sind auf 0,66 ha: 3,3 Akh + 0,66 Traktorstunden
Pflanzstäbe verteilen (mit Anhänger)	1 x Anfahrt Traktor 0,66 ha tillage, rolling without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 35 Akh + 1 Traktorstunde Das entspricht 23,1 Akh und 0,66 Traktorstunden
Rebschützer anbringen	(1x Anfahrt PKW)	Laut Richter (2010, S.140) 34 Akh für 0,66 ha sind das 22,44 Akh
Stickel anfahren, verteilen, schlagen (mit Anhänger)	1 x Anfahrt Traktor 2,5 ha tillage, rolling without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 40 Akh + 10 Traktorstunden Die Steheranzahl beträgt in Betrieb C nur etwa ein Viertel derer im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher wird auch nur ein Viertel des in Richter (2010) angegebenen Arbeitszeitbedarfs angenommen.
Drähte ziehen	1 x Anfahrt Traktor	Laut Richter (2010, S.140) 40 Akh + 10 Traktorstunden

(mit Anhänger)	5 ha tillage, rolling without agricultural machinery	Die benötigte Drahtlauflänge beträgt in Betrieb C nur etwa 50 % jener im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher Annahme von nur 5 Traktorstunden und 20 Akh
Endstickel verankern (mit Anhänger)	1x Anfahrt Traktor 0,4 ha tillage, rolling without agricultural machinery	Laut Richter (2010, S.140) 16 Akh + 2 Traktorstunden Die Endstickelanzahl beträgt in Betrieb C weniger als ein Fünftel derer im hypothetischen Referenzbetrieb R. Daher wird auch nur ein Fünftel des in Richter (2010) angegebenen Arbeitszeitbedarfs angenommen. (3,2 Akh + 0,4 Traktorstunden)
Bodenbearbeitung (Grubbern, eggen, fräsen etc.) 15 Traktorstunden/a	24 x Anfahrt Traktor 9,42 ha tillage cultivating, chiselling	Laut Hauer et al. (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 15 Traktorstunden etwa 8 ha, oder 8 Arbeitsgängen (Grubbern). Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha _r werden 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. Die Tafeltraubenproduktion auf Betrieb C findet auf 0,66 ha statt, daher: $0,595 \text{ ha}_e * 0,66 \text{ ha}_r * 8 \text{ ha}_r = 3,14 \text{ ha}_e$ für drei Jahre: $3,14 \text{ ha}_e * 3 \text{ a} = 9,42 \text{ ha}_e$
Mulchen 10 Traktorstunden, Traktor 1 ca. 3-mal pro Jahr Gründüngung mulchen	9 x Anfahrt Traktor in drei Jahren oLCA: 17,04 ha mulching with tractor Bj. 1987	Laut Nemecek & Kägi (2007, S.192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Hauer et al. (2012, S.11) gehen von 12 l/ha Treibstoffverbrauch aus. $12 \text{ l} / 4,1786 \text{ l} = 2,87 \text{ ha}_e * 0,66 \text{ ha}_r * 3\text{-mal Mulchen} = 5,68 \text{ ha}_e$ in drei Jahren sind das: $3 * 5,68 \text{ ha}_e = 17,04 \text{ ha}_e$ Es wird davon ausgegangen, dass der Dieserverbrauch und die Emissionen eines Traktors Baujahr 1987 nicht mit jenen des in ecoinvent verwendeten Traktors ist. Daher werden für diesen Prozess die Emissionswerte entsprechend der Werte von Schäffeler & Keller (2008) angepasst.
Pflanzenschutzmittel ausbringen 10 Traktorstunden/a (6 x pro Jahr)	12 x Anfahrt Traktor 18,8496 ha application of plant protection products with tractor Bj. 1987	Laut Hauer et al. (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l/ha, daher $5 \text{ l} / 2,1 \text{ l} = 2,38 \text{ ha}_e$ pro einmal Pflanzenschutz. $2,38 \text{ ha}_e * 0,66 \text{ ha} * 6\text{-mal} = 9,4248 \text{ ha}_e$ pro Jahr; in zwei Jahren sind das 18,8496 ha _e Es wird davon ausgegangen, dass der Dieserverbrauch und die Emissionen eines Traktors Baujahr 1987 nicht mit jenen des in ecoinvent verwendeten Traktors ist. Daher werden für diesen Prozess die Emissionswerte entsprechend der Werte von Schäffeler & Keller (2008) angepasst.
Anfahrtsweg zum/vom	34-mal Anfahrt mit	Der Anfahrtsweg zum Weingarten beträgt 4 km. Da in den ecoinvent-Prozessen die Anfahrt von

Weingarten mit Schlepper	Schlepper Bj. 2004: 34 * 3 km * 2 (hin und zurück)= 204 km 21-mal Anfahrt mit Traktor Bj. 1987 21 * 3 km * 2 = 126 km oLCA: 6,47 ha tillage, rolling without agricultural machinery 4,67 ha Anfahrt mit Schlepper Bj. 1987	1 km bereits beinhaltet ist, wird mit einem Anfahrtsweg von 3 km pro Strecke gerechnet. Der Dieserverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 75 PS bei etwa 3,6 l/h (Hauer et al. 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 204 km Distanz 6,8 Stunden, also insgesamt 24,48 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „tillage, rolling“ werden 3,7857 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 6,47 ha tillage, rolling without agricultural machinery . 21-mal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 1987 sind 126 km. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 126 km 4,2 h. Für 1 ha tillage, rolling braucht man im ecoinvent-Prozess 0,9 h, daher entsprechen 4,2 Stunden 4,67 ha _e .
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW	oLCA: 480 km operation, passenger car, diesel, EURO3	20 * pro Jahr je 8 km = 160 km/Jahr in drei Jahren sind das 160 * 3 = 480 km
PKW Produktion (Diesel, Bj. 2002, 180 PS (132 kW))	480/200.000 km = 0,0024 openLCA: 0,0024 Stück passenger car	20 x Anfahrt mit dem Auto, jeweils 8 km sind 160 km * 3 Jahre sind 480 km Nutzungsdauer: Da auch in den ecoinvent-Berichten nicht steht, auf welche Lebenszeit die Werte bezogen sind, wird von einer Nutzungsdauer von 200.000 km ausgegangen.
PKW Entsorgung	oLCA: disposal, passenger car: 0,0024 Stück	
Material für Neuanlage des Weingartens		
Pflanzgut (Pflanzreben)	oLCA: 28,2 km operation, passenger car, diesel, EURO3	Herstellung der Pflanzreben wurde nicht berücksichtigt. Transportweg von der Rebschule zum Weingarten einfach: 14,1 km
Stehler verzinkter Stahl, Maße: 250 x 7 x 4 cm geschätzte Lebensdauer laut Fragebogen: 30 Jahre	niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 1117,2 kg steel product manufacturing, average	Berechnung Anzahl Stehler und Endpfähle: 8 Zeilen, je 300 m, Stehlerabstand: 7 m 300/7= ca. 43 Stehler + 1, davon 2 Endpfähle = 42 Stehler und 2 Endpfähle je Zeile Das ergibt 336 Stehler und 16 Endpfähle für 8 Zeilen. Laut Betriebsleiter werden im Weingarten Voest-Weinbergspfähle mit den ungefähren Maßen von 250 * 4 * 7 cm verwendet. Am ehesten auf diese Maße trifft der Weinbergspfahl „TOP Typ

	<p>metal working: 1117,2 kg</p> <p>zinc coating, pieces: 188,16 m²</p>	<p>60/2,50m“ (Artikelnummer 60250f) mit einer Standardstärke von 1,5 mm, dessen Abmessungen 250*6*4 cm betragen, zu (Weis 2015), daher wird dieses Modell zur Berechnung herangezogen.</p> <p>Gewicht pro Steher: 4,75 kg.</p> <p>Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden.</p> <p>1596 kg * 0,7 = 1117,2 kg</p> <p>Berechnung Verzinkung:</p> <p>Steherumfang gemessen: 16 cm</p> <p>Steheroberfläche: 0,16m * 2,5m * 2 = 0,8 m² pro Steher</p> <p>Das sind 0,8 * 336 = 268,8 m² * 0,7 = 188,16 m²</p>
<p>Endsteher verzinkter Stahl, Maße: 250 x 10 x 5 cm</p>	<p>8,71 kg * 16 Endpfähle = 97,552 kg</p> <p>niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 97,552 kg</p> <p>steel product manufacturing, average metal working: 97,552 kg</p> <p>zinc coating, pieces: 11,2 m²</p>	<p>Berechneter Bedarf: 16 Endpfähle (Berechnung zur Steheranzahl siehe oben)</p> <p>Auch hier wurden Voest-Weinbergspfähle verwendet. Da kein Weinbergspfahl von Voest, der die auf dem Datenerfassungsblatt angegebenen Maße von 250 * 10 * 5 cm besitzt, gefunden wurde, wird zur Berechnung der „ENDPFAHL Typ 90/2,50 m“ mit der Artikelnummer 90250f angenommen (Weis 2015).</p> <p>Gewicht: 8,71 kg/Stück, Materialstärke: 2,5 mm.</p> <p>Da die Lebensdauer des Weingartens auf 35 Jahre geschätzt wird und jene der Steher auf 50 Jahre, müssen die Werte bezüglich der Steher mit dem Faktor 0,7 (35/50) multipliziert werden.</p> <p>139,36 kg * 0,7 = 97,552 kg</p> <p>Berechnung Verzinkung:</p> <p>Umfang gemessen: 20 cm</p> <p>Oberfläche: 0,2m * 2,5 m * 2 = 1 m² pro Steher</p> <p>Das sind 1 * 16 = 16 m² * 0,7 = 11,2 m²</p>
<p>Pflanzstäbe aus Stahl, 180 cm lang, 9 mm Durchmesser</p>	<p>2244 * 0,898 kg = 2015,112 kg</p> <p>niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 2015,112 kg</p> <p>steel product manufacturing, average metal working: 2015,112 kg</p>	<p>3400 Weinreben/ha => 2244 Weinreben auf 0,66 ha → 2244 Pflanzstäbe laut Westfälische Stahlgesellschaft (2015): 0,898 kg/Pflanzstab</p> <p>Berechnung Verzinkung:</p> <p>2 * 0,0045 m * 1,8 m = 0,0162 m²/Stück</p>

	zinc coating, pieces: 32,6448 m²	
Draht 600 kg verzinkter Stahl Drahtdurchmesser: 2,2 mm	zinc coating, coils: 154,566 m² niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 600 kg wire drawing, steel: 600 kg	laut Wurth Pflanzenschutz GmbH (s.a.) (Artikelnummer 20792) wiegt eine Spule verzinkten Drahtes mit 2,2 mm Durchmesser 25 kg und hat eine Lauflänge von 820 m. Das wären bei 600 kg Draht 24 Spulen und insgesamt 19680 m Lauflänge. Berechnung Verzinkung: (Oberfläche des Drahtes) $2 * r * pi * 19680 = 2 * 0,00125 m * pi * 19680 = 154,566 m^2$
eigene Annahme: Drahtspanner	0,084 kg * 150 Stück = 12,6 kg niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 12,6 kg steel product manufacturing, average metal working: 12,6 kg zinc coating, pieces: 1,44 m²	Laut Richter (S.138ff.) werden 300 Stück pro ha gebraucht. Da in Betrieb C jedoch nur etwa die Hälfte des im hypothetischen Referenzbetrieb R verwendeten Drahtes benötigt wird, wird von 150 Stück auf 0,66 ha ausgegangen. eigene Annahme: Produkt von Gust. Alberts GmbH & Co. KG (2011) (Artikelnummer 61110 1) je Stück (100 mm) : 0,084 kg Berechnung Verzinkung: Maße sind in etwa: (10 cm + 2 cm) lang * 2 cm hoch $0,12m * 0,02m * 4$ (weil innen und außen)= $0,0096 m^2$ pro Stück, mal 150 sind das $1,44 m^2$
eigene Annahme: Stabanker	16 Stück * 0,431 = niedriglegierter Stahl aus 90 % Recyclingstahl: 6,896 kg steel product manufacturing, average metal working: 6,896 kg Verzinkung: $0,024002 * 16 =$ zinc coating, pieces: 0,384032 m²	je zwei Stabanker pro Zeile → 16 Stück eigene Annahme: Erdanker (Artikelnr. 708010) von Firma Weis (2015) Länge: 700 mm Breite: 10 mm Scheibe am unteren Ende: 80 mm Durchmesser. Gewicht: laut Westfälische Stahlgesellschaft (2015): 0,431 kg pro Stück bzw. Berechnung Verzinkung: Stab: $2 * 0,05 * pi * 0,7 m = 0,021991 m^2$ Scheibe am unteren Ende (Annahme: 2 mm dick): $2 * 2 * 0,08 m * pi * 0,002 m = 0,002011 m^2$ in Summe pro Stück: $0,024002 m^2$
eigene Annahme:	2064 * 0,015 kg = 30,96 kg	laut Rudolf Klojer GmbH. (s.a.): 230 mm breit; 600 mm hoch, Polyethylenetz; (als Gewicht

Einzelrebschützer	30,96 kg HDPE granulate, at plant 30,96 kg extrusion	wird 15 g/Stück angenommen), Material: HDPE
eigene Annahme: Entsorgung Einzelrebschützer		Eigene Annahme: Es wird davon ausgegangen, dass die Rebschützer recycelt werden.
Summe	3849,36 kg steel, low-alloyed, at plant; 3849,36 kg steel product manufacturing, average metal working zinc coating, pieces: 0,023382883 ha zinc coating, coils: 0,0154566 ha	
Transport aller Materialien zum Betrieb	eigene Annahme: ca. 50 km Entfernung; Materialgewicht 3880,32 kg 194,016 tkm transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5	
Tropfbewässerung		Es wird in Trockenperioden mit einer Tropfbewässerung (Benzinpumpe) bewässert. Im Weingarten befinden sich 8 Zeilen zu je 300 m Länge, Zeilenabstand 2,8 m. Das ergibt eine Gesamtlänge von 2400 m Tropfschlauch und eine Länge von $2,8 * 8 = 22,4$ m für die Querleitung.
Tropfschlauch (2400 m) und Schlauch für Querleitung (22,4 m)	678,272 kg synthetic rubber, at plant	Tegum – Schlauch aus Recyclinggummi mit 16 mm Innendurchmesser wiegt laut Tegum AG (s.a.) $0,14 \text{ kg/m} \Rightarrow 2422,4 * 0,14 = 339,136 \text{ kg}$. Da angenommen wird, dass der Schlauch einmal in 35 Jahren erneuert werden muss: 678,272 kg Tropfschlauch
Für Querleitung: PE-Rohr 40/4,3 mm	10,64 kg polyethylene, LDPE, granulate, at plant 10,64 kg extrusion, plastic pipes	Laut Otto H. Meyer GmbH & Co. KG wiegt ein LDPE-Rohr mit den Maßen 4,3x40 mm 0,475 kg/m → für 22,4 m sind das 10,64 kg LDPE

Für Querleitung: Gummistopfen	0,72 kg synthetic rubber, at plant	eigene Annahme: Es werden ca. halb so viele Gummistopfen wie beim hypothetischen Referenzbetrieb R benötigt (= 12 Stück). eigene Annahme: 60 g/Stück → 720 g
Herstellung Pumpe	27 kg steel, low-alloyed, at plant 27 kg steel product manufacturing, average metal working	Eberth 6,5 PS 3 Zoll Wasserpumpe mit Benzinmotor hat einen Verbrauch von 0,4 l/h bei maximaler Fördermenge von 60000 l/h und wiegt 27 kg
Wasserverbrauch	oLCA: 3600000 l /3 Jahre	Bei einem Bewässerungsvorgang ist die Pumpe etwa 20 Stunden in Betrieb und pumpt etwa 15000 Liter pro Stunde. Im Jahr 2012 wurde zweimal bewässert, im Jahr 2013 wurde aufgrund extremer Trockenheit sechsmal bewässert. Für die Ökobilanzierung in dieser Arbeit wird von einer durchschnittlichen Bewässerungshäufigkeit von viermal pro Jahr ausgegangen. ⇒ 15000 * 20 = 300000 l Wasser für einmal bewässern ⇒ 1200000 l Wasser für viermal bewässern ⇒ in drei Jahren sind das 3600000 l Wasser
Benzinverbrauch 1 Liter/Stunde	für drei Jahre: 240 l Benzin bei einer Dichte von etwa 0,75 kg/l macht das 180 kg Benzin oLCA: 180 kg Benzinpumpe – selbst erstellter Prozess auf Basis von Sima PRO 7.0	Die Pumpe verbraucht bei einer Pumpleistung von etwa 15000 Litern pro Stunde etwa einen Liter Benzin pro Stunde. Bei einem Bewässerungsvorgang ist die Pumpe etwa 20 Stunden in Betrieb, bei durchschnittlich vier Bewässerungsvorgängen pro Jahr sind das 80 Liter Benzin, für drei Jahre macht das 240 Liter Benzin . Da es auf ecoinvent keinen Datensatz für die Verwendung einer Benzinpumpe gibt, wird folgender Datensatz aus SimaPro 7.0 verwendet: „Automobile (petrol) I“ Funktionelle Einheit: 1 km – funktionelle Einheit 1 l (0,75 kg Benzin) 0,0587 kg Benzin entspricht 1 km ⇒ 0,75 kg Benzin entspricht 12,777 km Ressourcen: Landnutzung: 118 cm ² a => 1507,686 cm ² a Benzin: 0,0587 kg => 0,75 kg Luftemissionen: Schwefeldioxid: 0,000029 kg => 0,000370533 kg Stickoxide: 0,0013 kg => 0,0166101 kg Kohlendioxid: 0,2 kg => 2,5554 kg

		<p>Kohlenmonoxid: 0,0058 => 0,0741066 kg VOC Emissionen: 0,00083 kg => 0,01060491 Ruß: 0,000014 kg => 0,000178878 Distickstoffmonoxid: 0,00004 kg => 0,00051108</p>
Transport aller Materialien zum Betrieb	oLCA: 35,8316 tkm transport lorry 3,5-7,5t EURO 5	<p>Annahme: Transportweg beträgt 50 km ⇒ 716,632 kg * 50 = 35,8316 tkm</p>
Entsorgung aller PE-Teile der Bewässerungsanlage	10,64 kg disposal, polyethylene, 0,4 % water, to municipal incineration	Annahme: Gummi wird recycelt
Input – Dünger in der Neuanlage/Junganlage (Herstellung)		
20 Tonnen Stallmist		Die Herstellung des Rindermistes wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.
Einsaat Begrünung „Rebenfit“ in jeder Reihe	<p>im ersten Jahr: 21,45 kg, im zweiten und im dritten Jahr je 10,725 kg sind in Summe für drei Jahre 42,9 kg oLCA: 42,9 kg grass seed organic, at regional storehouse</p>	<p>Laut Saatbau Linz (s.a.) werden bei Begrünung mit Rebenfit 30 bis 35 kg Saatgut pro ha empfohlen. Das sind auf 0,66 ha: 21,45 kg. Da es auf ecoinvent jedoch kein Biosaatgut für Leguminosen gibt, wird der Prozess „grass seed organic, at regional storehouse) verwendet.</p>
Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 12,969 kg nitrogen	<p>laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha oder 4,323 kg/0,66 ha, in drei Jahren also 12,969 kg In drei Jahren entspricht das 19,65 kg/ha</p>
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	oLCA: 80,4825 kg nitrogen	<p>26,8275 kg N/Jahr 80,4825 kg N/3 Jahre</p>
Stickstoff aus Vorratsdüngung mit Rindermist		110 kg N
Output-Dünger in der		

Neuanlage/Junganlage		
Methan	oLCA: 0.832392 kg methane, air unspecified	Methanemissionen beim Aufladen und der Ausbringung von Festmist (Amon 1998, S.63, S.131)
NH ₃ in die Luft	oLCA: 1,9932 kg NH₃	<p>Laut Nemecek & Kägi (2007, S.28) werden die Emissionen von Stallmist während der Ausbringung mit folgender Formel berechnet:</p> $NH_{3M} = 17/14 * (0.787 TAN * M + 0.757) * 0.75 * A_M$ <p>NH_{3M} = emission of NH₃ from solid manure (kg NH₃/ha) TAN = total content of ammonium-N in the manure (kg NH₄-N/t) M = quantity of solid manure spread (t/ha of fertilised surface) A_M = fraction of the total area, where solid manure is spread (%/100)</p> <p>Da im vorliegenden Betrieb 20 t Stallmist/ha ausgebracht werden, in der Berechnung des ecoinvent-Datensatzes aber von 16 t ausgegangen wird, muss laut Nemecek & Kägi (2007, S.29) diese Abweichung über den Faktor A_M geändert werden. Statt A_M = 100 % ergibt sich daher in der folgenden Berechnung der Faktor A_M von 125 %. (20 t/16 t = Faktor von 1,25)</p> <p>Laut Galler (2009, S.24) enthält Stallmist 15 % Ammonium.</p> <p>Es ergibt sich daher die Berechnung: NH_{3M} = 17/14 * (0,787 * 0,15 * 16 + 0,757) * 0,75 * 1,25 = 3,02 kg für 0,66 ha sind das 1,9932 kg</p>
NO ₃ ins Grundwasser	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 72,6379124 kg NO₃ <u>Szenario 20% und 50 %:</u> oLCA: 37,5754957 kg NO₃	<u>Szenario 20 %:</u> 72,6379124 kg NO ₃ /0,66 ha/3 Jahre <u>Szenario 20% und 50 %:</u> 37,5754957 kg NO ₃ /0,66 ha/3 Jahre Berechnung siehe Anhang J
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 4,85674559 kg N₂O <u>Szenario 20% und 50 %:</u> oLCA: 4,54570802 kg	<u>Szenario 20 %:</u> 4,85674559 kg N ₂ O/0,66 ha/3 Jahre <u>Szenario 20% und 50 %:</u> 4,54570802 kg N ₂ O/0,66 ha/3 Jahre Berechnung siehe Anhang J

	N ₂ O	
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 1,01991657 kg NO_x <u>Szenario 20% und 50 %:</u> oLCA: 0,95459868 kg NO_x	<u>Szenario 20 %:</u> 1.01991657 kg NO _x /0,66 ha/ 3 Jahre <u>Szenario 20% und 50 %:</u> 0.95459868 kg NO _x /0,66 ha/a Berechnung siehe Anhang J
Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage – Input		Es wird angenommen, dass die Pflanzenstärkungsmittel ab dem 2. Jahr angewandt werden (also 2 Jahre in der Junganlage)
Netzschwefel 9,9 kg (reiner Schwefel: 7,92 kg)	für zwei Jahre: oLCA: 15,84 kg secondary sulphur, at refinery	Das Präparat enthält 80 % Schwefel => 7,92 kg/0,66 ha/a = 15,84 kg/2 Jahre
Kupferpräparat 1,32 kg Reinkupfer	für zwei Jahre: oLCA: 2,64 kg copper, at regional storage	Auf ecoinvent existiert kein Datensatz für die spezifischen Kupferpräparate, die zu Pflanzenschutz Zwecken verwendet werden, daher wurde für diese Arbeit der Datensatz „copper, at regional storage“ gewählt.
Alginure (Algenextrakt zur Pflanzenstärkung) Anwendung zweimal pro Jahr		Leider konnte für das Produkt Alginure keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
Pflanzenschutz in der Neuanlage/Junganlage – Output		
Schwefel	für zwei Jahre: oLCA: 0,6336 kg Schwefel, Luftemissionen/unspezifiziert 0,76032 kg SO₄ Wasseremissionen/Grundwasser 30,53952 kg Schwefel, Bodenemissionen/Land	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen. 1,6 % von 15,84 kg = 0,25344 kg/2 Jahre Schwefel bzw. 0,76032 kg SO ₄ gelangen ins Grundwasser 2 % von 15,84 kg = 0,3168 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4 % von 15,84 kg = 15,26976 kg Schwefel gelangen in den Boden

	wirtschaft	
Kupfer	für zwei Jahre: oLCA: 2,508 kg Bodenemissionen Kupfer	Formel für Kupfer und Zink aus Pflanzenschutzmitteln (Freiermuth 2006, S.20): $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff } i} \cdot p_{\text{Wirkstoff } i} \cdot 0.95$ Annahme: 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln werden in den Boden ausgewaschen, 5% werden von der Pflanze aufgenommen. $2,64 \text{ kg} \cdot 0,95 = 2,508 \text{ kg}$
<u>Ertragsanlage</u>		
Maschinenpark – Herstellung der Geräte		Berechnung: Gewicht der Maschinen dividiert durch Lebensdauer (in Maschinenstunden), mal der anteiligen Maschinenstundenanzahl pro Jahr. Die Herstellung aller landwirtschaftlichen Geräte bzw. Maschinen, die während der verschiedenen Arbeitsschritte benötigt werden, mit Ausnahme des Anhängers, ist bereits in den ecoinvent -Datensätzen enthalten und wird daher nicht gesondert berechnet.
Anhänger eigene Annahme: 10 Maschinenstunden	oLCA: 2,33 kg trailer, production	eigene Annahme: „Muldenhochkipper 2600“ von Fuhrmann Fahrzeuge Ges. m. b.H 700 kg, Nutzungsdauer laut Hauer et al. (2012, S.19): 20 Jahre oder 3000 Stunden Der Anhänger wird für angenommene 10 Stunden benutzt (für: Auszeilen, Pflanzen, Pflanzstäbe verteilen, Stickle anfahren, Drähte ziehen, Endstickle verankern). $700 \text{ kg} \cdot 10 \text{ h} / 3000 \text{ h} = 2,33 \text{ kg}$
Bewässerung in Ertragsanlage:		
Wasserverbrauch	oLCA: 1200000 l /3 Jahre	Bei einem Bewässerungsvorgang ist die Pumpe etwa 20 Stunden in Betrieb und pumpt etwa 15000 Liter pro Stunde. Im Jahr 2012 wurde zweimal bewässert, im Jahr 2013 wurde aufgrund extremer Trockenheit sechsmal bewässert. Für die Ökobilanzierung in dieser Arbeit wird von einer durchschnittlichen Bewässerungshäufigkeit von viermal pro Jahr ausgegangen. ⇒ $15000 \cdot 20 = 300000 \text{ l}$ Wasser für einmal bewässern ⇒ 1200000 l Wasser für viermal bewässern
Benzinverbrauch 1 Liter/Stunde	für drei Jahre: 80 l Benzin bei einer Dichte von etwa 0,75 kg/l macht das 60 kg Benzin oLCA: 60 kg Benzinpumpe – selbst erstellter Prozess auf	Die Pumpe verbraucht bei einer Pumpleistung von etwa 15000 Litern pro Stunde etwa einen Liter Benzin pro Stunde. Bei einem Bewässerungsvorgang ist die Pumpe etwa 20 Stunden in Betrieb, bei durchschnittlich vier Bewässerungsvorgängen pro Jahr sind das 80 Liter Benzin. Da es auf ecoinvent keinen Datensatz für die Verwendung einer Benzinpumpe gibt, wird folgender Datensatz aus SimaPro 7.0 verwendet:

	Basis von Sima PRO 7.0	<p>„Automobile (petrol) I“</p> <p>Funktionelle Einheit: 1 km – funktionelle Einheit 1l (0,75 kg Benzin) 0,0587 kg Benzin entspricht 1 km ⇒ 0,75 kg Benzin entspricht 12,777 km</p> <p>Ressourcen: Landnutzung: 118 cm²a => 1507,686 cm²a Benzin: 0,0587 kg => 0,75 kg</p> <p>Luftemissionen: Schwefeldioxid: 0,000029 kg => 0,000370533 kg Stickoxide: 0,0013 kg => 0,0166101 kg Kohlendioxid: 0,2 kg => 2,5554 kg Kohlenmonoxid: 0,0058 => 0,0741066 kg VOC Emissionen: 0,00083 kg => 0,01060491 Ruß: 0,000014 kg => 0,000178878 Distickstoffmonoxid: 0,00004 kg => 0,00051108</p>
Arbeitsschritte		
Mulchen 10 Traktorstunden, Traktor 1 ca. 3-mal pro Jahr Gründüngung mulchen	3 x Anfahrt Traktor oLCA: 5,68 ha mulching with tractor Bj. 1987	<p>Laut Nemecek & Kägi (2007, S.192) werden für das Mulchen von 1 ha 4,1786 l Treibstoff verbraucht. Hauer et al. (2012, S.11) geht von 12 l/ha Treibstoffverbrauch aus. 12 l/4,1786 l = 2,87 ha_e * 0,66 ha_r * 3-mal Mulchen = 5,68 ha_e</p> <p>Es wird davon ausgegangen, dass der Dieserverbrauch und die Emissionen eines Traktors Bj. 1987 nicht mit jenen des in ecoinvent verwendeten Traktors ist. Daher werden für diesen Prozess die Emissionswerte entsprechend der Werte nach Schäffeler & Keller (2008) angepasst.</p>
Pflanzenschutzmittel ausbringen 10 Traktorstunden, Traktor 1 6-mal pro Jahr	6 x Anfahrt Traktor 9,4248 ha application of plant protection products with tractor Bj. 1987	<p>Laut Richter (2010, S.140) werden 2 Traktorstunden für einmal Pflanzenschutzmittel ausbringen gerechnet. Das entspricht bei 12 Traktorstunden 6-mal Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln. laut Hauer et al. (2012, S.11): Treibstoffverbrauch 5 l/ha für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, laut Nemecek & Kägi (2007, S.192): 2,1 l/ha, daher 5 l/2,1 l = 2,38 ha_e pro einmal Pflanzenschutz. 2,38 ha_e * 0,66 ha * 6-mal Ausbringung = 9,4248 ha_e</p> <p>Es wird davon ausgegangen, dass der Dieserverbrauch und die Emissionen eines Traktors Bj. 1987 nicht mit jenen des in ecoinvent verwendeten Traktors ist. Daher werden für diesen Prozess die Emissionswerte entsprechend der Werte nach Schäffeler & Keller (2008) angepasst.</p>

Bodenbearbeitung (Grubbern, eggen, fräsen etc.) 15 Traktorstunden, Traktor 2	8 x Anfahrt Traktor 3,14 ha tillage cultivating, chiselling	Laut Hauer et al. (2012, S.11) liegt die durchschnittliche Flächenleistung für den Arbeitsvorgang „Grubbern“ bei 1,7 h/ha. Das entspricht bei 15 Traktorstunden etwa 8 ha, oder 8 Arbeitsgängen (Grubbern). Laut Hauer et al. (2012, S.11) werden beim Grubbern etwa 11 l Treibstoff/ha benötigt. Ecoinvent geht von 18,476 l/ha aus => für 1 ha _r werden 0,595 ha _e für einmal Grubbern angenommen. Die Tafeltraubenproduktion auf Betrieb C findet auf 0,66 ha statt, daher: $0,595 \text{ ha}_e * 0,66 \text{ ha}_r * 8 \text{ ha}_r = 3,14 \text{ ha}_e$
Laubarbeiten und sonstige Pflegearbeiten im Weingarten 5 Traktorstunden, Traktor 1 7-mal pro Jahr	7 x Anfahrt mit Traktor 5 ha tillage, rolling with tractor Bj. 1987 without agricultural machinery	
Ernte (mit Anhänger) 5 Traktorstunden, Traktor 1 5 Traktorstunden, Traktor 2 erfolgt an 5 Tagen von 8 Personen	5 x Anfahrt mit Traktor 5 ha tillage, rolling without agricultural machinery 5 ha tillage, rolling with tractor Bj. 1987, without agricultural machinery	Es wird von dreimal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 2004 und zweimal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 1987 ausgegangen.
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit Schlepper	11-mal Anfahrt mit Schlepper *3 km * 2 (hin und zurück) = 66 km oLCA: 2,092 ha tillage, rolling 18-mal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 1987: 4 ha Anfahrt mit Schlepper Bj. 1987	Der Anfahrtsweg zum Weingarten beträgt 4 km. Da in den ecoinvent-Prozessen die Anfahrt von 1 km bereits beinhaltet ist, wird mit einem Anfahrtsweg von 3 km pro Strecke gerechnet. Der Dieserverbrauch liegt bei leichter Beanspruchung eines Traktors mit 75 PS bei etwa 3,6 l/h (Hauer et al. 2012, S.12). Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 66 km Distanz 2,2 Stunden, also insgesamt 7,92 l Treibstoffverbrauch. Bei einem ha „tillage, rolling“ werden 3,7857 l verbraucht, der Treibstoffverbrauch für die Anfahrt mit dem Schlepper entspricht dem von 2,092 ha _e tillage, rolling. 18-mal Anfahrt mit dem Traktor Bj. 1987 sind 18 * 3 km * 2 (hin und zurück) = 108 km. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h sind das für 108 km 3,6 h. Für 1 ha tillage, rolling braucht man im ecoinvent-Prozess 0,9 h, daher entsprechen 3,6 Stunden 4 ha _e .
Anfahrtsweg zum/vom Weingarten mit PKW 20-mal pro Jahr	oLCA: 160 km operation, passenger car, diesel, EURO3	Berechnung: 20-mal pro Jahr werden 8 km gefahren (4 hin, 4 zurück). Das ergibt 160 km pro Jahr und 0,66 ha.
PKW Produktion	160 km/200.000 km =	Nutzungsdauer: Da auch in den ecoinvent-Berichten nicht steht, auf welche Lebenszeit die

(Diesel, Bj. 2002, 180 PS (132 kW))	0,0008 openLCA: 0,0008 Stück passenger car	Werte bezogen sind, wird von einer Nutzungsdauer von 200.000 km ausgegangen.
PKW Entsorgung	oLCA: 0,0008 Stück disposal, passenger car	
Düngung in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		
Einsaat Begrünung „Rebenfit“ in jeder zweiten Reihe	oLCA: 10,725 kg grass seed organic, at regional storehouse	laut Saatbau Linz (s.a.) werden bei Begrünung mit Rebenfit 30 bis 35 kg Saatgut pro ha empfohlen. Das ergibt im Durchschnitt 32,5 kg. Auf 0,66 ha entspricht das 21,45 kg. In jeder zweiten Zeile sind das 10,725 kg. Da es auf ecoinvent jedoch kein Biosaatgut für Leguminosen gibt, wird der Prozess „grass seed organic, at regional storehouse) verwendet.
Stickstoffeintrag durch Deposition	oLCA: 4,232 kg nitrogen	laut Smidt (2007) entspricht das 6,55 kg/ha 4,232 kg/0,66 ha
von Leguminosen aus der Luft aufgenommener Luftstickstoff	oLCA: 17,70615 kg nitrogen	26,8275 kg N pro ha 17,70615 kg N pro 0,66 ha
Düngung in Ertragsanlage – Output		Berechnungen siehe Anhang J
NO ₃ ins Grundwasser	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 12,4723218 kg NO₃ <u>Szenario 20%/50%:</u> oLCA: 11,3365676 kg NO₃	<u>Szenario 20 %:</u> 12,4723218 kg NO ₃ /0,66 ha/Jahr <u>Szenario 20%/50%:</u> 11,3365676 kg NO ₃ /0,66 ha/Jahr
N ₂ O in die Luft	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 1,51476723 kg N₂O <u>Szenario 20%/50%:</u> oLCA: 1,504692 kg N₂O	<u>Szenario 20 %:</u> 1,51476723 kg N ₂ O/0,66 ha/ Jahr <u>Szenario 20%/50%:</u> 1,504692 kg N ₂ O/0,66 ha/ Jahr
NO _x in die Luft	<u>Szenario 20 %:</u> oLCA: 0,31810112 kg	<u>Szenario 20 %:</u> 0,31810112 kg NO _x /0,66 ha/Jahr

	NO_x Szenario 20%/50%: oLCA: 0,31598532 kg NO_x	<u>Szenario 20%/50%:</u> 0,31598532 kg NO _x /0,66 ha/Jahr
Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Input (Herstellung)		
Netzschwefel 9,9 kg (reiner Schwefel: 7,92 kg)	oLCA: 7,92 kg secondary sulphur, at refinery	Das Präparat enthält 80 % Schwefel => 7,92 kg/0,66 ha/a
Kupferpräparat 1,32 kg Reinkupfer	oLCA: 1,32 kg copper, at regional storage	Auf ecoinvent existiert kein Datensatz für die spezifischen Kupferpräparate, die zu Pflanzenschutz Zwecken verwendet werden, daher wurde für diese Arbeit der Datensatz „copper, at regional storage“ gewählt.
Alginure (Algenextrakt zur Pflanzenstärkung) Anwendung zweimal pro Jahr		Leider konnte für das Produkt Alginure keine ecoinvent-Entsprechung gefunden werden. Daher wurde dieser Inputfaktor in dieser Ökobilanz nicht berücksichtigt.
Pflanzenschutz in Ertragsanlage – Output		
Schwefel	oLCA: 0,1584 kg Schwefel, Luftemissionen/unspezifiziert 0,38 kg SO₄ Wasseremissionen/Grundwasser 7,6349 kg Schwefel, Bodenemissionen/Landwirtschaft	Nach Audsley et al. (2003, S.53) werden 2 % der eingesetzten Pestizide in die Luft emittiert, 88,4 % gelangen in den Boden, 1,6 % gelangen ins Grundwasser und 8 % verbleiben in den Pflanzen. Da die Ernterückstände im Weingarten verbleiben, wird hier angenommen, dass 96,4 % der Pestizide in den Boden gelangen. 1,6 % von 7,92 kg = 0,127 kg Schwefel bzw. 0,38016 kg SO ₄ gelangen ins Grundwasser 2 % von 7,92 kg = 0,1584 kg Schwefel werden in die Luft emittiert 96,4 % von 7,92 kg = 7,6349 kg Schwefel gelangen in den Boden
Kupfer	oLCA: 1,254 kg Bodenemissionen Kupfer	Formel für Kupfer und Zink aus Pflanzenschutzmitteln (Freiermuth 2006, S.20): $M_{\text{Wirkstoff } i} = Q_{\text{Wirkstoff } i} \cdot p_{\text{Wirkstoff } i} \cdot 0.95$ Annahme: 95 % der Schwermetalle in den Pflanzenschutzmitteln werden in den Boden

		<p>ausgewaschen, 5 % werden von der Pflanze aufgenommen.</p> <p>1,32 kg Kupfer * 0,95 = 1,254 kg</p>
Lagerung		<p>Da die Lagerung im hypothetischen Referenzbetrieb R keinen signifikanten Einfluss auf die Umweltwirkungen der Tafeltraubenproduktion hat, wurden für Betrieb C adaptierte Werte aus dem hypothetischen Referenzbetrieb R herangezogen.</p>
Gebäude	0,00000263 ha building, hall	<p>Annahme: Lagerung in Steigen mit den Maßen 60 x 40 x 15 cm und einer Grundfläche von 0,24 m².</p> <p>Laut Betriebsleiter werden 100 Steigen benötigt.</p> <p>Laut Redl (2013) wird angenommen, dass die Trauben maximal 2 Tage im Lager verbleiben. Wenn im Lager jeweils 10 Kisten übereinander gestapelt sind, entspricht das pro Tag 10 Steigen nebeneinander (Grundfläche insgesamt: 2,4 m²). Für zwei Tage wären das 4,8 m².</p> <p>Insgesamt werden die Trauben 10 Tage/Jahr gelagert, das entspricht 2,74 % eines Jahres. Wenn die Lebensdauer der Lagerhalle 50 Jahre beträgt, ergibt sich:</p> <p>0,00048 ha * 0,0274/50 = 0,00000263 ha</p>
Maschinen zur Kühlung	<p>0,000162 Stück</p> <p>oLCA: 0,0000708 Stück absorption chiller 100 kW</p>	<p>Berechnung des Energieverbrauchs nach Nielsen (2003)</p> $E_p = E_s * 100 \% / u * V_p * t$ <p>E_s ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (kWh/m³/Tag). Für Kühllagerung bei 5°C beträgt dieser 0,59 kWh/m³/Tag</p> <p>u Benutzungsgrad des Lagers (%). 50 % wird als gute Schätzung angenommen</p> <p>V_p ist das Volumen des gelagerten Produktes (m³), hier: 3,6 m³.</p> <p>t ist die Lagerungsdauer in Tagen, hier: 10 Tage</p> <p>Der Stromverbrauch ergibt sich daher als:</p> $0,59 * 2 * 3,6 * 10 = 42,48 \text{ kWh /Jahr}$ <p>Leistung = Energie/Zeit => 42,48 kWh/240 h = 0,177 kW</p> <p>ecoinvent-Gerät hat 100 kW, das heißt man bräuchte dann 0,00177 Geräte. Wenn die Lebensdauer des Kühlgerätes 25 beträgt, wären das jährlich 0,0000708 Kühlgeräte.</p>
Strom	oLCA: electricity mix 76,464 MJ	<p>nach Nielsen (2003) ist der spezifische Energieverbrauch des Kühlraumes (0,59 kWh/m³/Tag) für 3,6 m³ sind das 2,124 kWh/Tag oder 21,24 kWh/10 Tage</p>

		1 kWh = 3,6 MJ 21,24 * 3,6 = 76,464 MJ
<u>Verpackungs- material</u>		
Erzeugung (Plastikschalen für 500 g Trauben)	107,91 kg polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant 107,91 kg blow moulding	Bei Papier Brinkmann GmbH (1995 – 2015) wiegen 1400 Stück der Artikelnummer 625719113 15,26 kg. Das entspricht 0,0109 kg/Stück. In Betrieb C werden 4950 kg Trauben / Jahr verkauft, das wären dann 9900 Kunststoffschalen mit einem Gesamtgewicht von 107,91 kg.
Entsorgung	107,91 kg disposal, polyethylene terephthalate, 0,2 % water, to municipal incineration	Es wird davon ausgegangen, dass die Plastikschalen über den Hausmüll entsorgt werden.
Plastiksteigen Herstellung (Plastiksteigen mit 5 - 7 kg Inhalt) 100 Plastiksteigen	1,26 kg polypropylene, granulate, at plant 1,26 kg blow moulding pro Stück	Bedarf laut Betriebsleiter: 100 Stück laut AUER Packaging GmbH (s.a.) wiegt eine Steige mit den Maßen 60 x 40 x 15 cm 1260 g und besteht aus PP. Da die Steigen nur 1 Monat/Jahr verwendet werden und die Lebensdauer mit 12,5 Jahren angenommen wird ergibt sich: 100 * 2 /12 = 16,67 Stück/Jahr
Plastiksteigen Entsorgung 100 Plastiksteigen		Es wird angenommen, dass die Plastiksteigen zu 100 % recycelt werden.
<u>Transport zum Supermarkt</u>		Alle Trauben werden mit einem eigenen Klein-LKW 90 km zu einem Supermarkt geliefert. Die Rückfahrt erfolgt leer.
mit eigenem Klein-LKW 90 km	oLCA: 405 tkm transport, van <3.5t	4,5 t Trauben * 90 km = 405 tkm

Anhang F – Stickstoffbedarf der Weinrebe

Stickstoff-Bedarf der Rebe

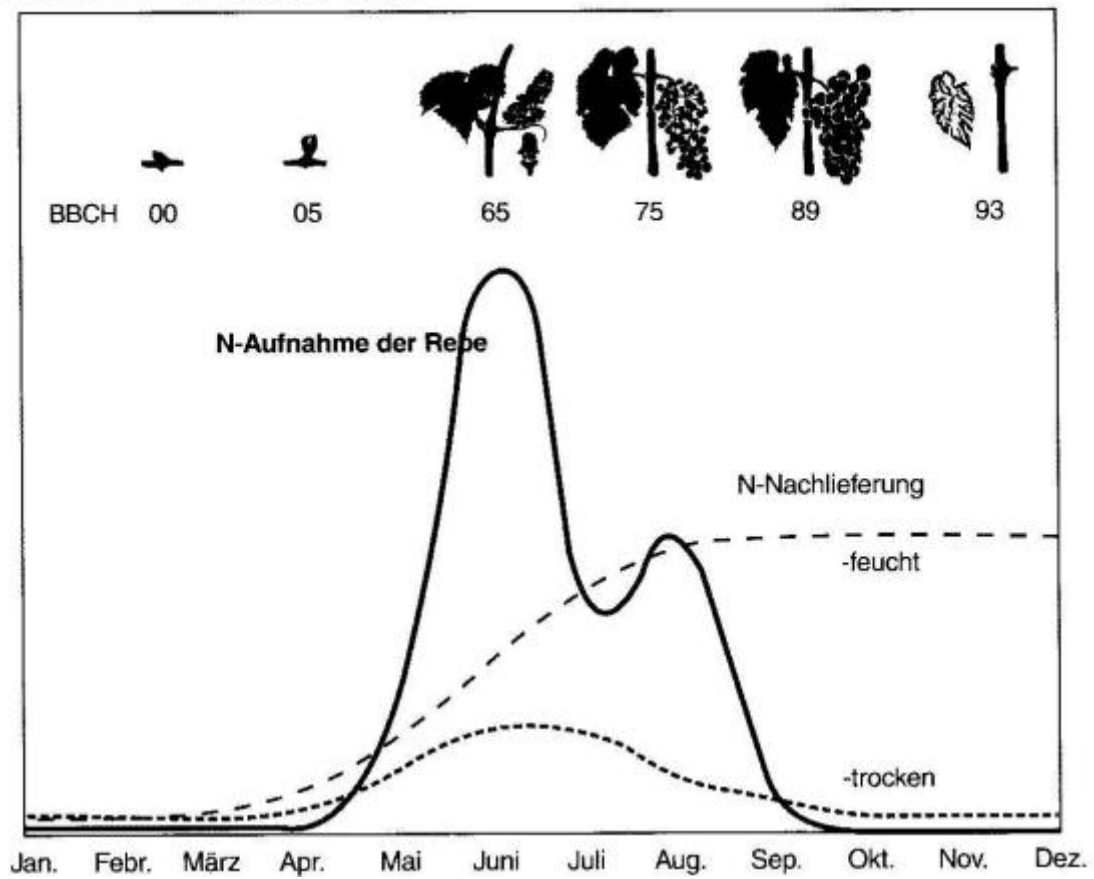


Abbildung 34: Stickstoffbedarf der Weinrebe im Jahresverlauf (Fader 2003)

Anhang G – Berechnung der Stickstoffemissionen – Hypothetischer Referenzbetrieb R

1. Berechnung des Stickstoffgehalts in der Gründung							
Leguminosenmischung (Mittelwerte aus Datensatz "Grobkörnige Legum.-nichtlegum.-Gemenge und Feinkörnige Legum. -nichtlegum-Gemenge)							
Daten und Berechnung aus Kolbe et al. (2004, S.47 und S.49)		50,40983607	nach Schwab et al (2002, S.4) - Werte für Klee gras (12.3 dt/ha/a Trockenmasse) unter der Annahme, dass 100 % Frischmasse 18.3% Trockenmasse enthalten (Kolbe et al. 2004, S.47).				
durchschnittlich auf 100 % der Fläche Begrünung	1	50,40983607					
Frischmasseertrag auf 100% der Fläche in dt		50,40983607					
N-Gehalt in kg/dt		0,46					
Nährstoffentzug in kg/ha= Frischmassegehalt * Stickstoffgehalt		23,18852459	oberirdisch gebundener Stickstoff				
Nährstoff-Ernte-Index (oberirdisch gebundener Stickstoff - anteilmäßig)		0,7		33	kg Stickstoff werden ober- und unterirdisch gebunden		
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index		33					
unterirdisch gebundener N		9,81147541	40%	der Wurzeln werden jährlich "ersetzt" (de Klein et al. 2006, S.11.18)			
Summe aus oberirdisch gebundenem Stickstoff und 40 % des unterirdisch gebundenen Stickstoffes		27,11311475					
N-Symb.-Index		0,75					
Leguminosenanteil		0,5					
N-symb.-Index * Leguminosenanteil		0,375					
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft		12,375	-1				
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft		-12,375					
N-Bindung aus dem Boden		20,625	kg				

2. Berechnung des Verlaufs der Stickstoffaufnahme durch die Gründüngung nach Richner et al. (2006, S.15)					
		Mischung 33 Naturwiese wenig intensiv (3 Nutzungen)		Mischung 26 aus Richner et al. (2006, S.14) abgewandelt	monatliche Stickstoffaufnah me
		Richner et al. (2006, S.15) in kg N		Anteil Stickstoffaufnahme pro Monat in Prozent der Jahresaufnahme	in Prozent
Jänner		0		0	0
Februar		5		0,023809524	2,38095238
März		10		0,047619048	4,76190476
April		20		0,095238095	9,52380952
Mai		30		0,142857143	14,2857143
Juni		30		0,142857143	14,2857143
Juli		30		0,142857143	14,2857143
August		30		0,142857143	14,2857143
September		25		0,119047619	11,9047619
Oktober		20		0,095238095	9,52380952
November		10		0,047619048	4,76190476
Dezember		0		0	0
Summe		210 kg			100

3. Stickstoffbedarf der Rebe und N-Entzug des Weingartens durch die Abfuhr von Trauben						
für 14 t Ertrag beträgt laut Ziegler (2011, S.6) der Stickstoffbedarf 53 bis 83 kg pro ha (im Durchschnitt 68 kg)				14 t Ertrag	68	kg Stickstoff pro ha
				14 t Ertrag	68	kg Stickstoff pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 14 t Ertrag von 25-32, also durchschnittlich 28.5 kg durch die Trauben					28,5	kg Stickstoff pro ha
					28,5	kg Stickstoff pro ha

4. Berechnung der Stickstoffbilanz im Weingarten		
Deposition durchschnittlich:		Smidt (2007)
im Freiland zwischen	16,4	kg Stickstoff pro ha und Jahr
und	3,3	kg Stickstoff pro ha und Jahr
	19,7	kg Stickstoff pro ha und Jahr
	0,50	kg Stickstoff pro ha und Jahr
im Durchschnitt also	9,85	kg Stickstoff pro ha und Jahr

Stickstoffmineralisierung angelehnt an die Werte von Richner et al. (2006, S.15)

Die Werte in Richner (2006) für die Mineralisierung sind laut Hörtenhuber (2013) zu hoch (Summe 211.8) , deshalb wurde davon nur die Verteilungskurve - wann wie viel mineralisiert wird – abgeleitet

Nitratbildungs- potenzial laut Richner (2006, S.7)	Nitratbildungspotenzial in kg laut Richner (2006, S.7, S.11) ; Werte - 10 %, da keine GVE	anteilige Mineralisierung pro Monat in Prozent	anteilige Mineralisierung pro Monat in kg auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten	
März 10 kg	9	4,87805%	4,260845662	2,871956773
April 15 kg	13,5	7,31707%	6,391268493	5,002379604
Mai 20 kg	18	9,75610%	8,521691323	7,132802435
Juni 25 kg	22,5	12,19512%	10,65211415	9,263225265
Juli 30 kg	27	14,63415%	12,78253699	11,3936481
August 35 kg	31,5	17,07317%	14,91295982	13,52407093
September 40 kg	36	19,51220%	17,04338265	15,65449376
Oktober 20 kg	18	9,75610%	8,521691323	7,132802435
November 10 kg	9	4,87805%	4,260845662	2,871956773
	184,5		87,34733607	
Mineralisierungsverteilung durch Mulchen des Gründüngers im Juli			75 % des oberirdisch gebundenen Stickstoffs als pflanzenverfügbar angenommen (Ziegler 2011)	
	anteilige Mineralisierung			
Juli	0,4	6,956557377		
August	0,4	6,956557377		
September	0,2	3,478278689		
Oktober	0	0		
November	0	0		
März	0	0		
April	0	0		
Mai	0	0		
Juni	0	0		
	1	17,39139344	kg	

Stickstoffaufnahme aus dem Boden durch Begrünung verteilt auf ein Jahr	Stickstoffbedarf der Weinrebe in kg anteilig nach Werten von Ziegler (2011, S.6); Jahresverteilung nach Fader (2003)	chem. synthet. Dünger in kg	Mineralisierung aus Biogründüngung in kg	Mineralisierung aller Stickstoffquellen in kg	Stickstoffbilanz		Bei Auswaschungsrisiko laut Richner (2006, S.17) für Mineraldünger von 20 % im Dez. und im Jän. und 10 % im Feb. und im Nov. Einheit: kg	
					Mineralisierung minus Bedarf in kg			
Feb. 0,491071429					-0,49107143	0	February	0
Mär. 0,982142857			0	2,32846861	1,34632576	1,34632	March	0
Apr. 1,964285714			0	4,45889144	2,49460573	2,49460	April	0
Mai 2,946428571	8,16		0	6,58931427	-4,5171143	0	May	0
Jun. 2,946428571	27,2		0	8,71973711	-21,4266915	0	June	0
Jul. 2,946428571	13,6	30	6,95655738	10,8501599	31,2602887	31,2602	July	0
Aug. 2,946428571	16,32		6,95655738	12,9805828	0,67071157	0,6707	August	0
Sep. 2,455357143	2,72		3,47827869	15,1110056	13,4139271	13,4139	September	0
Okt. 1,964285714			0	6,58931427	4,62502856	4,6250	October	0
Nov. 0,982142857			0	2,32846861	1,34632576	1,34632	November	0,13463257
Dez. 0					0	0	December	0
20,625 kg	68		17,3913934	69,9559426	28,722	55,157213		0,13463257
	Stickstoffbedarf bei 14 t Ertrag			anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten angelehnt an Richner et al. (2006,15)				
Luftstickstoff innerhalb eines Jahres durch Gründüngung gebunden: 12,375 kg				87,34733 kg				
Deposition: 9,85 kg				87,3473361 ist die Summe aus Mineralisierung des durch die				

	Gründüngung aufgenommenen Luftstickstoffes, Deposition (angenommene 6.55 kg), Bedarf der Rebe minus Abfuhr durch Trauben (38.536-13.23kg), das ist das Rebschnittmaterial, das wieder in den Boden eingearbeitet wird.				
Summe N aus Boden, Luft, Deposition	42,85	kg			
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Gründüngung:					75%
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Rebschnittmaterial:					75%
Literaturwerte sind niedriger, aber für statische Bedingungen kann N aus neuem Dünger durch N aus Boden-N-Pool ersetzt werden (sonst würde sich ja N im Boden anreichern, außer bei sehr starken Denitrifizierungsverlusten als N ₂ in d. Atmosphäre):					
Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011, S.11)					75%

N2O-Emissionen					
Es wird von einer Stickstoffausnutzung von 75 % des im organischen Material gebundenen Stickstoffes (Ziegler 2011, S.11) ausgegangen.					
in Ertragsanlage					
Freigesetzter Stickstoff durch Mineraldüngung, Gründüngung, Wurzelerneuerung der Gründüngung, Rebschnittmaterial und Deposition	87,35	kg	eigene Berechnung		
Nitratauswaschung	0,60	kg	eigene Berechnung		
Formel zur Berechnung der Lachgasemissionen	$\text{N}_2\text{O} = 44/28 * 0.01 * \text{düngewirksamer Stickstoff} + 0.025 * 14/62 * \text{NO}_3$				nach Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f.)
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,4151448	kg	(De Klein et al. 2006)		
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,3759655	kg	(Nemecek & Schnetzer 2012, S.17f.)		
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	4,1211675	kg	(De Klein et al. 2006)		
in Neuanlage:			Anmerkung: Im hypothetischen Referenzbetrieb R wird davon ausgegangen, dass der Boden nicht umgebrochen wird, nur gemäht wird und das Mähgut liegen gelassen wird.		
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,2454343	kg	(De Klein et al.2006)		

Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	4,1278964	kg	(Nemecek & Schnetzer 2012, S.17f.)		
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	12,363502	kg	(De Klein et al.2006)		
NOx - Emissionen	0.21 * N2O-Emissionen		Nemecek & Schnetzer (2012, S.18)		
in Ertragsanlage					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,0871804	kg NOx			
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,28895275	kg NOx			
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,86544517	kg NOx			
in Neuanlage					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,26154121	kg NOx			
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,86685825	kg NOx			
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,5963355	kg NOx			

Anhang H – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb A

Alle im Folgenden angegebenen Werte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf einen Hektar pro Jahr.

1. Berechnung des Stickstoffgehalts in der Gründüngung						
Leguminosenmischung (Mittelwerte aus Datensatz "Grobkörnige Legum.-nichtlegum.-Gemenge und Feinkörnige Legum. -nichtlegum-Gemenge)						
Daten und Berechnung aus Kolbe et al. (2004, S.47 und S.49)		50,40983607	nach Schwab et al (2002, S.4) - Werte für Klee gras (12.3 dt/ha/a Trockenmasse) unter der Annahme, dass 100 % Frischmasse 18.3% Trockenmasse enthalten (Kolbe et al. 2004, S.47). Es wurden nur 75 % des Wertes nach Schwab et al. (2002, S.4) angenommen, da laut Rosner (2015) der Wert aus Schwab et al. (2002, S.4) In einem trockeneren Weinbaugebiet eher an der oberen Grenze liegt.			
durchschnittlich auf 100 % der Fläche Begrünung	1	50,40983607	kg			
Frischmasseertrag auf 100% der Fläche in dt		50,40983607	kg			
N-Gehalt in kg/dt		0,46				
Nährstoffentzug in kg/ha= Frischmassegehalt * Stickstoffgehalt		23,18852459	Das ist der oberirdisch gebundene Stickstoff			
Nährstoff-Ernte-Index (oberirdisch gebundener Stickstoff - anteilmäßig)		0,7				
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index		33,126	kg			
N in den Wurzeln (N ober- und unterirdisch minus oberirdisch gebundener N, kg/ha)		9,938	kg	40%	% d. Wurzeln werden jährlich "ersetzt" (de Klein et al. 2006, S. 11.18)	
Jährl. N-Bindung (Summe aus oberirdisch gebundenem Stickstoff und 40 % des unterirdisch gebundenen Stickstoffs)		27,16370023	kg			
N-Symb.-Index		0,75				
Leguminosenanteil		0,7				
N-symb.-Index * Leguminosenanteil		0,525				
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft		14,26094262	kg			
N-Bindung aus dem Boden		12,90275761	kg			

2. Berechnung des Verlaufs der Stickstoffaufnahme durch die Gründüngung nach Richner et al. (2006, S.15)			
	Mischung 33 Naturwiese wenig intensiv (3 Nutzungen)	Mischung 26 aus Richner et al. (2006, S.14) abgewandelt	monatliche Stickstoffaufnahme
	Richner et al. (2006, S.15) Einheit: kg N	Anteil Stickstoffaufnahme in kg pro Monat in Prozent der Jahresaufnahme	in Prozent
Jänner	0	0	0
Februar	5	0,023809524	2,380952381
März	10	0,047619048	4,761904762
April	20	0,095238095	9,523809524
Mai	30	0,142857143	14,28571429
Juni	30	0,142857143	14,28571429
Juli	30	0,142857143	14,28571429
August	30	0,142857143	14,28571429
September	25	0,119047619	11,9047619
Oktober	20	0,095238095	9,523809524
November	10	0,047619048	4,761904762
Dezember	0	0	0
Summe	210		100

3. Stickstoffbedarf der Rebe und N-Entzug des Weingartens durch die Abfuhr von Trauben				
für 14 t Ertrag beträgt laut Ziegler (2011, S.6) der Stickstoffbedarf 53 bis 83 kg pro ha (im Durchschnitt 68 kg)	14 t Ertrag	68	kg Stickstoff	pro ha
Stickstoffbedarf bei 7000 kg Ertrag: Laut Ziegler(2011, S.13) sinkt der Düngebedarf bei einem Ertrag von nur 7 t (statt 14 t) um 20 kg/ha/a. Bei einem Ausnutzungsgrad des Düngers von 75 % (Ziegler (2011, S.11) wären das 15 kg weniger Bedarf an Stickstoff durch die Rebe.		15		
Eigene Annahme zum (langfristig fast vollständigen) Ausnutzungsgrad von Gründüngung		75%	Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011, S.11):	
anteiliger Stickstoffbedarf bei 7000 kg Ertrag Berechnung siehe oben	7 t Ertrag	53	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 14 t Ertrag von 25 kg -32 kg laut Ziegler (2011, S.6), also durchschnittlich 28.5 kg durch die Trauben		28,5	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 7 t Ertrag		14,25	kg Stickstoff	pro ha

4. Berechnung der Stickstoffbilanz im Weingarten		
Deposition in kg durchschnittlich:		Smidt (2007)
im Freiland zwischen	16,4	
und	3,3	
	19,7	
	0,50	
im Durchschnitt also	9,85	kg Stickstoff pro ha und Jahr

Stickstoffmineralisierung angelehnt an die Werte von Richner et al. (2006, S.15)				
Die Werte in Richner (2006) für die Mineralisierung sind laut Hörtenhuber (2013) zu hoch (Summe 184.5) , deshalb wurde davon nur die Verteilungskurve - wann wie viel mineralisiert wird - abgeleitet				
Nitratbildungspotenzial laut SALCA Nitrat / Richner (2006, S.7)	Nitratbildungspotenzial in kg laut SALCA-Nitrat / RICHNER (2006, S.7, S.11) ; Werte - 10 %, da keine GVE	anteilige Mineralisierung pro Monat in Prozent	anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten, kg/ha	
März 10 kg	9	4,87805%	2,77184269	1,382953803
April 15 kg	13,5	7,31707%	4,15776404	2,768875148
Mai 20 kg	18	9,75610%	5,54368538	4,154796494
Juni 25 kg	22,5	12,19512%	6,92960673	5,54071784
Juli 30 kg	27	14,63415%	8,31552807	6,926639186
August 35 kg	31,5	17,07317%	9,70144942	8,312560531
September 40 kg	36	19,51220%	11,0873708	9,698481877
Oktober 20 kg	18	9,75610%	5,54368538	4,154796494
November 10 kg	9	4,87805%	2,77184269	1,382953803
	SALCA 184,5		56,8227752	
Mineralisierungsverteilung durch Mulchen der Gründüngung				
	anteilige Mineralisierung			
Juli	0,4	6,956557377	75%	des oberirdisch gebundenen Stickstoffs als pflanzenverfügbar angenommen (Ziegler 2011)
August	0,2	3,478278689		
September	0	0		
Oktober	0	0		
November	0	0		
März	0	0		
April	0	0		
Mai	0	0		
Juni	0,4	6,956557377		
	1	17,39139344	kg	

Stickstoffaufnahme aus dem Boden durch Begrünung verteilt auf ein Jahr in kg	Stickstoffbedarf der Weinrebe in kg anteilig nach Werten von Ziegler (2011, S.6); Jahresverteilung nach Fader (2003)	Pflanzen-verfügbarer N in kg (Mineralisierung) aus Gründüngung	Pflanzen-verfügbarer N in kg aus Rebschnittmaterial und N-Deposition und Umsatz an Wurzelmasse	Stickstoffbilanz in kg		Bei Auswaschungsrisiko laut Richner (2006, S.17) für Mineraldünger von 20 % im Dez. und im Jän. und 10 % im Feb. und im Nov.
				Mineralisierung in kg minus Bedarf	nur positive Stickstoffwerte, negative sind gleich null, da dann keine Auswaschungsgefahr besteht.	
Feb. 0,3072085				-0,3072085	0	0
Mär. 0,614417		0	0,839465642	0,22504861	0,225048613	0
Apr. 1,2288341		0	2,225386988	0,99655293	0,99655293	0
Mai 1,8432511	6,36	0	3,611308334	-4,5919428	0	0
Jun. 1,8432511	21,2	6,956557377	4,99722968	-11,089464	0	0
Jul. 1,8432511	10,6	6,956557377	6,383151025	0,89645732	0,896457315	0
Aug. 1,8432511	12,72	3,478278689	7,769072371	-3,3159	0	0
Sep. 1,5360426	2,12	0	9,154993717	5,49895114	5,498951144	0
Okt. 1,2288341		0	3,611308334	2,38247428	2,382474276	0
Nov. 0,614417		0	0,839465642	0,22504861	0,225048613	0,045009723
Dez. 0				0	0	0
12,902758	53	17,39139344	39,43138173	-9,08	10,22453289	0,045009723
	Stickstoffbedarf bei 7 t Ertrag		anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten angelehnt an Richner et al. (2006, S.15)			
Luftstickstoff innerhalb eines Jahres durch Gründüngung gebunden	14,26094262 kg		56,82 kg			
Deposition	9,85 kg		56,82 kg N sind der pflanzenverfügbare Stickstoff kg/ha: Summe aus 1. verfügbarer N in der gemulchten Gründüngung, 2. Deposition (angenommene 9.85 kg), 3.			

			eingearbeitetes Rebschnittmaterial (Bedarf der Rebe minus Abfuhr durch Trauben (38.536-13.23kg)), und 4. Umgesetzte Wurzelmasse.			
Summe N aus Boden, Luft, Deposition	37,01370023 kg					

Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Gründüngung:	75%	
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Rebschnittmaterial:	75%	
Annahme zum jährl. Umsatz d. Wurzelmasse:	40%	Quelle: De Klein et al. (2006 , S.11.18)
Literaturwerte sind niedriger, aber für statische Bedingungen kann N aus neuem Dünger durch N aus Boden-N-Pool ersetzt werden (sonst würde sich ja N im Boden anreichern, außer bei sehr starken Denitrifizierungsverlusten als N ₂ in d. Atmosphäre):		
Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011, S.11):	75%	

N2O-Emissionen

Es wird von einer Stickstoffausnutzung von 75 % des im organischen Material gebundenen Stickstoffes (Ziegler 2011, S.11) ausgegangen.

in Ertragsanlage			
Freigesetzter Stickstoff durch Gründüngung, Wurzelenerneuerung der Gründüngung, Rebschnittmaterial und Deposition	56,82	kg	eigene Berechnung
Nitratauswaschung	0,20	kg	eigene Berechnung
Formel zur Berechnung der Lachgasemissionen	$N_2O = 44/28 \cdot 0.01 \cdot \text{düngewirksamer Stickstoff} + 0.025 \cdot 14/62 \cdot NO_3$		nach Nemecek & Schnetzer (2012, s.17f.)
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,269004	kg	De Klein et al. (2006)
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,894054	kg	nach Nemecek & Schnetzer (2012, s.17f.)
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,679913	kg	De Klein et al. (2006)
in Neuanlage:			
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,807011	kg	De Klein et al. (2006)
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,682162	kg	nach Nemecek & Schnetzer (2012, s.17f.)
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	8,039738	kg	De Klein et al. (2006)

NOx - Emissionen	0.21 * N2O-Emissionen		Nemecek & Schnetzer (2012, S.18)
in Ertragsanlage			
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,0564908	kg NOx	
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,1877514	kg NOx	
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,5627817	kg NOx	
in Neuanlage			
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,1694723	kg NOx	
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,5632541	kg NOx	
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,688345	kg NOx	

Anhang I – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb B

Alle im Folgenden angegebenen Werte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf einen Hektar pro Jahr.

1. Berechnung der Begrünung im Laufe eines Jahres			
Betrieb B: jede 2. Zeile ist für 2 Monate offen ==> statt 75% sind in dieser Zeit nur 37.5% begrünt. Jede zweite Reihe wird etwa Anfang Mai umgebrochen und dann bis ungefähr Mitte Juli offengehalten.			
Annahme: ha Begrünung: von November bis Februar annähernd kein Wachstum, daher nur 8 Monate Vegetationswachstum, davon 2 Monate (also 25% der Vegetationszeit) nur auf 37.5% der Fläche Begrünung, macht durchschnittlich:			
mar	1		
apr	1		
mai	0,5	nur jede zweite Gasse begrünt	
jun	0,5	nur jede zweite Gasse begrünt	
jul	0,75	einen halben Monat jede zweite Gasse begrünt	
aug	1		
sep	1		
okt	1		
	6,75		
	0,84375	84,375	Prozent Begrünung der Zeilen im Durchschnitt pro Jahr

2. Berechnung des Stickstoffgehalts in der Gründüngung				
Leguminosenmischung (Mittelwerte aus Datensatz "Grobkörnige Legum.-nichtlegum.-Gemenge und Feinkörnige Legum. -nichtlegum-Gemenge)				
Daten und Berechnung aus Kolbe et al. (2004, S.47 und S.49)		51,63934426 Frischmasseertrag in dt/ha	nach Schwab et al (2002, S.4) - Werte für Ökomischung jährlich (12.6 dt/ha/a Trockenmasse) unter der Annahme, dass 100 % Frischmasse 18.3% Trockenmasse enthalten (Kolbe et al. 2004, S.47). Es	

			wurden nur 75 % des Wertes nach Schwab et al. (2002, S.4) angenommen, da laut Rosner (2015) der Wert aus Schwab et al. (2002, S.4) In einem trockeneren Weinbaugebiet eher an der oberen Grenze liegt.		
durchschnittlich nur auf 84/% der Fläche Begrünung	0,84375	43,57069672			
Frischmasseertrag auf 84.375 % der Fläche in dt		43,57069672			
N-Gehalt in kg/dt		0,46			
Nährstoffentzug in kg/ha= Frischmassegehalt * Stickstoffgehalt		20,04252049	Das ist der oberirdisch gebundene Stickstoff		
Hälfte wird mit Nährstoffindex multipliziert		10,02126025	Das ist der oberirdisch gebundene Stickstoff auf der Hälfte der Fläche		
Nährstoff-Ernte-Index (oberirdisch gebundener Stickstoff - anteilmäßig)		0,7		14	kg Stickstoff werden auf der Hälfte der Fläche ober- und unterirdisch gebunden
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index		28,63217213			
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index auf der Hälfte der Fläche		14,31608607			
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index		24,02126025			das ist die Gründüngung insgesamt, die beim Umbrechen jeder zweiten Zeile beim Einarbeiten in den Boden kommt.
N in den Wurzeln (N ober-und unterirdisch minus oberirdisch gebundener N, kg/ha)		7,957479508			

unterirdisch gebundener Stickstoff auf der Hälfte der Fläche		3,978739754			40% d. Wurzeln werden jährlich "ersetzt" (de Klein et al. 2006, S.18.11)
N-Symb.-Index		0,75			
Leguminosenanteil		0,8			
N-symb.-Index * Leguminosenanteil		0,6			
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft		14,41275615		-1	
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft mal minus eins		-14,41275615			
N-Bindung aus dem Boden		9,608504098	kg		

3. Berechnung des Verlaufs der Stickstoffaufnahme durch die Gründüngung nach Richner et al. (2006, S.14)				
	Mischung 26	Mischung 26 abgewandelt	Mischung 26 aus Richner et al. (2006, S.14) abgewandelt	monatliche Stickstoffaufnahme
	Richner et al. (2006, S.14) in kg N	2 Monate offen (Mai, Juni und 50% Juli) in kg N	Anteil Stickstoffaufnahme pro Monat in Prozent der Jahresaufnahme	in Prozent
Jänner	0	0	0	0
Februar	10	10	0,044843049	4,484304933
März	30	30	0,134529148	13,4529148
April	40	40	0,179372197	17,93721973
Mai	0	20	0,089686099	8,968609865
Juni	0	20	0,089686099	8,968609865
Juli	0	10	0,044843049	4,484304933
August	20	20	0,089686099	8,968609865
September	40	34	0,152466368	15,24663677
Oktober	30	24	0,107623318	10,76233184
November	10	10	0,044843049	4,484304933
Dezember	5	5	0,022421525	2,242152466
Summe	185	223		100

4. Stickstoffbedarf der Rebe und N-Entzug des Weingartens durch die Abfuhr von Trauben				
für 14 t Ertrag beträgt laut Ziegler (2011, S.6) der Stickstoffbedarf 53 bis 83 kg pro ha (im Durchschnitt 68 kg)	14 t Ertrag	68	kg Stickstoff	pro ha
Änderung des Stickstoffbedarfs der Weinrebe bei 6500kg Ertrag (statt 14t): Laut Ziegler(2011, S.13) sinkt der Düngbedarf bei einem Ertrag von nur 7 t (statt 14t) um 20 kg/ha/a. Bei einem Ausnutzungsgrad des Düngers von 75% (Ziegler (2011, S.11) wären das 15 kg weniger Bedarf an Stickstoff durch die Rebe. Bei 6.5 t Ertrag wären das analog dazu 18.57 kg *0.75 = 14.06 kg weniger Stickstoffbedarf der Weinrebe		13,92857143	kg Stickstoff	pro ha (Laut Ziegler(2011, S.13) sinkt der Düngbedarf bei einem Ertrag von nur 7 t (statt 14t) um 20 kg/ha/a. Bei einem Ausnutzungsgrad des Düngers von 75% (Ziegler (2011,11) wären das 15 kg Mehrbedarf an Stickstoff durch die Rebe.)
Stickstoffbedarf bei 6500kg Ertrag:	6.5 t Ertrag	54,07142857	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 14 t Ertrag von 25-32, also durchschnittlich 28.5 kg durch die Trauben		28,5	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 6.5 t Ertrag		13,23214286	kg Stickstoff	pro ha

5. Berechnung der Stickstoffbilanz im Weingarten		
Deposition durchschnittlich:	Smidt (2007)	
im Freiland zwischen	16,4	
und	3,3	
	19,7	
	0,50	
im Durchschnitt also	9,85	kg Stickstoff pro ha und Jahr

Stickstoffmineralisierung angelehnt an die Werte von Richner et al. (2006, S.14)

Die Werte in Richner (2006) für die Mineralisierung sind laut Hörtenhuber (2013) zu hoch (Summe 184.5) , deshalb wurde davon nur die Verteilungskurve - wann wie viel mineralisiert wird - abgeleitet

Nitratbildungspotenzial in kg laut Richner (2006, S.7)	Nitratbildungspotenzial laut Richner (2006, S.7, S.11) ; Werte - 10 %, da keine GVE und + 15% während der 6 Monate nach dem Umbruch, Werte in kg	anteilige Mineralisierung pro Monat in Prozent	anteilige Mineralisierung in kg pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten	
März 10 kg	9	4,28571%	2,462725541	1,073836652
April 15 kg	13,5	6,42857%	3,694088311	2,305199422
Mai 20 kg	21	10,00000%	5,746359595	4,357470706
Juni 25 kg	26,25	12,50000%	7,182949493	5,794060604
Juli 30 kg	31,5	15,00000%	8,619539392	7,230650503
August 35 kg	36,75	17,50000%	10,05612929	8,667240402
September 40 kg	42	20,00000%	11,49271919	10,1038303
Oktober 20 kg	21	10,00000%	5,746359595	4,357470706
November 10 kg	9	4,28571%	2,462725541	1,073836652
	210		57,46359595	
	SALCA			

Mineralisierungsverteilung durch Umbruch jeder zweiten Zeile		kg		
	anteilige Mineralisierung			
Mai	0,4	7,301203893	75%	des in der Gründung gespeicherten Stickstoffes wird als pflanzenwirksam angesehen (Ziegler)
Juni	0,4	7,301203893		
Juli	0,2	3,650601947		
	1	18,25300973		das ist die Hälfte des oberirdisch gespeicherten Stickstoffs und die Hälfte des ober- und unterirdisch in der Gründung gespeicherten Stickstoffs

	Stickstoffaufnahme aus dem Boden in kg durch Begrünung verteilt auf ein Jahr	Stickstoffaufnahme aus dem Boden in kg durch Weinrebe anteilig nach Werten von Ziegler (2011, S.6); Jahresverteilung nach Fader (2003)	Mineralisierung in kg aus Bio-Gründüngung	Mineralisierung von allen Stickstoffquellen außer Stickstoff, der beim Umbrechen jeder 2. Zeile frei wird, in kg.	Stickstoffbilanz		Auswaschungsrisiko von 50 % auf der Hälfte der Fläche, weil nur jede zweite Reihe umgebrochen wird, in den Monaten Mai, Juni und im halben Juli, wenn umgebrochen wurde und der Boden offengehalten wird und von 20 % von Mitte Juli bis Mitte August - Siehe Richner (2006, S. 17), intensive Wiese und mittelintensive Wiese mit Saat im August	
					Mineralisierung minus Bedarf in kg			
Feb.	0,430874623				-0,43087462	0	February	0
Mar.	1,29262387			0,43461335	-0,85801052	0	March	0
Apr.	1,723498493			1,66597612	-0,05752237	0	April	0
Mai	0,861749246	6,488571429	7,301203893	3,7182474	3,66913062	3,66913062	May - 100 % auf der Hälfte der Fläche Auswaschung	1,83456531
Jun.	0,861749246	21,62857143	7,301203893	5,1548373	-10,0342795	0	June - 100 % potenzielle Auswaschung auf 50 % der Fläche	0
Jul.	0,430874623	10,81428571	3,650601947	6,5914272	-1,00313119	0	July - 50 % Auswaschungs gefahr auf 50 % der Fläche	0
Aug.	0,861749246	12,97714286		8,0280171	-5,81087501	0	August - 20% Auswaschungs gefahr auf 50 % der Fläche	0
Sep.	1,464973719	2,162857143		9,464607	5,83677613	5,836776135	September	0

Okt.	1,034099096			3,7182474	2,68414831	2,684148306	October	0
Nov.	0,430874623			0,43461335	0,00373872	0,003738725	November	0,000560809
Dez.	0,215437312				-0,21543731	0	December	0
	9,608504098	54,07142857	18,25300973	39,2105862	-6,216	12,19379379		1,83512611
				anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten angelehnt an Richner et al. (2006, S.15.)				
		Stickstoffbedarf bei 6,5 t Ertrag	Ende April wird umgebrochen und der Stickstoff wird mineralisiert	57,4635959				
				Summe aus Mineralisierung der eingearbeiteten Gründüngung , des eingearbeiteten Rebschnittmaterials (= Bedarf der Rebe minus Abfuhr durch Trauben (38.536-13.23kg)), und der Deposition (angenommene 6.55 kg)				

Luftstickstoff innerhalb eines Jahres durch Gründüngung gebunden	14,41275615	kg			
Deposition	9,85	kg			
Summe N aus Boden, Luft, Deposition	33,87126025	kg	Angenommener Mineralisierungsgrad von organischem Stickstoff (Ziegler Ausnutzungsgrad gründüngung)		
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige)Mineralisierung Gründüngung:					75%
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige)Mineralisierung Rebschnittmaterial:					75%
Literaturwerte sind niedriger, aber für statische Bedingungen kann N aus neuem Dünger durch N aus Boden-N-Pool ersetzt werden (sonst würde sich ja N im Boden anreichern, außer bei sehr starken Denitrifizierungsverlusten als N2 in d. Atmosphäre):					
Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011, S.11):					75%

N2O-Emissionen					
Es wird von einer Stickstoffausnutzung von 75 % des im organischen Material gebundenen Stickstoffes (Ziegler 2011, S.11) ausgegangen.					
in Ertragsanlage					
Freigesetzter Stickstoff durch Gründüngung, Wurzelerneuerung der Gründüngung, Rebschnittmaterial und Deposition	57,46	kg	eigene Berechnung	für 8 ha sind das	
Nitratauswaschung	8,12	kg	eigene Berechnung	64,99003723	194,97
Formel zur Berechnung der Lachgasemissionen	N2O = 44/28*0.01*düngewirksamer Stickstoff+0.025*14/62*NO3		nach Nemecek & Schnetzer (2012, S.17)		0
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,31675971	kg	De Klein et al. (2006)	2,534077718	
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,94885927	kg	Nemecek & Schnetzer (2012, S.17)	7,590874161	
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,754858	kg	De Klein et al. (2006)	22,038864	
in Neuanlage:					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,95027914	kg	De Klein et al. (2006)	7,602233154	
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,84657781	kg	Nemecek & Schnetzer (2012, S.17)	22,77262248	
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	8,264574	kg	De Klein et al. (2006)	66,116592	

NOx - Emissionen	0.21 * N2O-Emissionen		Nemecek & Schnetzer (2012, S.18)	
in Ertragsanlage				
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,06651954	kg NOx		0,532156321
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,199260447	kg NOx		1,594083574
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,57852018	kg NOx		4,62816144
in Neuanlage				
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,19955862	kg NOx		1,596468962
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,59778134	kg NOx		4,782250722
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,73556054	kg NOx		13,88448432

Anhang J – Berechnung der Stickstoffemissionen – Betrieb C

Alle im Folgenden angegebenen Werte beziehen sich auf einen Hektar pro Jahr.

1. Berechnung der Begrünung im Laufe eines Jahres			
Jede 2. Zeile wird im März gegrubbert, die anderen Zeilen Ende April. Nach dem Grubbern liegen die Flächen ca. ein bis zwei Monate offen. Die Zusammensetzung enthält verschiedene Kleearten und Leindotter.			
Eigene Annahme, dass von November bis Februar annähernd kein Wachstum besteht, daher nur 8 Monate Vegetationswachstum, davon liegen alle Zeilen je durchschnittlich 1.5 Monate offen.			
mar	0,75	einen halben Monat jede zweite Gasse begrünt	
apr	0,5	jede zweite Gasse begrünt	
mai	0,5	nur jede zweite Gasse begrünt	
jun	0,75	einen halben Monat jede zweite Gasse begrünt	
jul	1		
aug	1		
sep	1		
okt	1		
	6,5		
	0,8125	81,25	Prozent Begrünung der Zeilen im Durchschnitt pro Jahr

2. Berechnung des Stickstoffgehalts in der Gründüngung			
Leguminosenmischung (Datensatz "Feinkörnige Legum. -nichtlegum-Gemenge")			
Daten und Berechnung aus Kolbe et al. (2004, S. 47 und 49)		51,63934426 Frischmassee rtrag in dt/ha	diese Zahl stammt aus Schwab et al (2002, S.4) - Werte für Ökomischung jährlich (12.6 dt/ha/a Trockenmasse) unter der Annahme, dass 100 % Frischmasse 18.3% Trockenmasse enthalten (Kolbe et al. 2004, 47). Es wurden nur 75 % des Wertes nach Schwab et al. (2002, S.4) angenommen, da laut Rosner (2015) der Wert aus Schwab et al. (2002, S.4) In einem trockeneren Weinbaugebiet eher an der oberen Grenze liegt.

durchschnittlich nur auf 81.25 % der Fläche Begrünung	0,8125	41,95696721		
Frischmasseertrag auf 81.25 % der Fläche in dt		41,95696721		
N-Gehalt in kg/dt		0,47		
Nährstoffentzug in kg/ha= Frischmassegehalt * Stickstoffgehalt		19,71977459	Das ist der oberirdisch gebundene Stickstoff	
Hälfte wird mit Nährstoffindex multipliziert		9,859887295	Das ist der oberirdisch gebundene Stickstoff auf der Hälfte der Fläche	
Nährstoff-Ernte-Index (oberirdisch gebundener Stickstoff - anteilmäßig)		0,7	14	kg Stickstoff werden auf der Hälfte der Fläche ober- und unterirdisch gebunden
Nährstoffaufnahme in kg/ha durch den Gesamtbestand (Aufwuchs und Wurzeln) = N-Entzug/Nährstoff-Ernte-Index		28	Das ist der Stickstoff in der gesamten Gründüngung, die beim Umbrechen jeder zweiten Zeile beim Einarbeiten in den Boden kommt.	
N-Symb.-Index		0,75		
Leguminosenanteil		0,73	Der Leguminosenanteil ist nicht genau bekannt. Der Prozentsatz an Nicht-Leguminosen-Saatgut beträgt 26.67 %, daher wird mit einem Leguminosenanteil von 73 % gerechnet	
N-symb.-Index * Leguminosenanteil		0,5475		
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft		15,33		-1
N2-Bindung von Stickstoff aus der Luft mal minus eins		-15,33		
N-Bindung aus dem Boden		12,67	kg	

3. Berechnung des Verlaufs der Stickstoffaufnahme ab dem 2. Jahr durch die Gründüngung nach Richner et al. (2006, S.14)

	Mischung 26	Mischung 26 abgewandelt – Werte in kg	Mischung 26 aus Richner et al. (2006, S.14) abgewandelt	monatliche Stickstoffaufnahme
	Richner et al. (2006, 14) Werte in kg	1.5 Monate offen (Hälfte in der zweiten Märzhälfte und im April, andere Hälfte im Mai und in der ersten Junihälfte) - über den Sommer wird die Gründüngung sehr kurz gehalten und zeigen vermindertes Wachstum aufgrund geringerer Wasserverfügbarkeit. Daher werden niedrigere Stickstoffaufnahmewerte in den Sommermonaten angenommen.	Anteil Stickstoffaufnahme pro Monat in Prozent der Jahresaufnahme	in Prozent
Jänner	0	0	0	0
Februar	10	10	0,054054054	5,405405405
März	30	22,5	0,121621622	12,16216216
April	40	20	0,108108108	10,81081081
Mai	0	18	0,097297297	9,72972973
Juni	0	10,5	0,056756757	5,675675676
Juli	0	10	0,054054054	5,405405405
August	20	15	0,081081081	8,108108108
September	40	40	0,216216216	21,62162162
Oktober	30	24	0,12972973	12,97297297
November	10	10	0,054054054	5,405405405
Dezember	5	5	0,027027027	2,702702703
Summe	185	185		100

3a. Berechnung des Verlaufs der Stickstoffaufnahme im ersten Jahr durch die Gründüngung nach Richner et al. (2006, S.14)				
	Mischung 26	Mischung 26 abgewandelt – Werte in kg	Mischung 26 aus Richner et al. (2006, S.14) abgewandelt	monatliche Stickstoffaufnahme
	Richner et al. (2006, S.14) Werte in kg	Im ersten Jahr ist der Boden bis März offen; über den Sommer wird die Gründüngung sehr kurz gehalten und zeigt vermindertes Wachstum aufgrund geringerer Wasserverfügbarkeit. Daher werden niedrigere Stickstoffaufnahmewerte in den Sommermonaten angenommen. Werte nach Richner et al. (2006, S.15) - Kunstwiese (Kulturnummer 29)	Anteil Stickstoffaufnahme pro Monat in Prozent der Jahresaufnahme	in Prozent
Jänner	0	0	0	0
Februar	10	0	0	0
März	30	5	0,02857143	2,85714286
April	40	15	0,08571429	8,57142857
Mai	0	25	0,14285714	14,2857143
Juni	0	20	0,11428571	11,4285714
Juli	0	20	0,11428571	11,4285714
August	20	35	0,2	20
September	40	30	0,17142857	17,1428571
Oktober	30	10	0,05714286	5,71428571
November	10	10	0,05714286	5,71428571
Dezember	5	5	0,02857143	2,85714286
Summe	185	175		100

4. Stickstoffbedarf der Rebe und N-Entzug des Weingartens durch die Abfuhr von Trauben ab dem 2. Jahr				
für 14 t Ertrag beträgt laut Ziegler (2011, S.6) der Stickstoffbedarf 53 bis 83 kg pro ha (im Durchschnitt 68 kg)	14 t Ertrag	68	kg Stickstoff	pro ha
Änderung des Stickstoffbedarfs der Weinrebe bei 6500kg Ertrag (statt 14t): Laut Ziegler(2011, S.13) sinkt der Düngbedarf bei einem Ertrag von nur 7 t (statt 14t) um 20 kg/ha/a. Bei einem Ausnutzungsgrad des Düngers von 75% (Ziegler (2011, S.11) wären das 15 kg weniger Bedarf an Stickstoff durch die Rebe.		16,07142857	kg Stickstoff	pro ha
anteiliger Stickstoffbedarf bei 7500kg Ertrag. Bei 7.5 t Ertrag wären das analog dazu $18.57 \text{ kg} * 0.75 = 14.06 \text{ kg}$ weniger Stickstoffbedarf der Weinrebe		51,92857143	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 14 t Ertrag von 25-32, also durchschnittlich 28.5 kg durch die Trauben		28,5	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 7.5 t Ertrag		15,26785714	kg Stickstoff	pro ha

4a. Stickstoffbedarf der Rebe und N-Entzug des Weingartens durch die Abfuhr von Trauben im ersten Jahr				
für 14 t Ertrag beträgt laut Ziegler (2011, 6) der Stickstoffbedarf 53 bis 83 kg pro ha (im Durchschnitt 68 kg)	14 t Ertrag	68	kg Stickstoff	pro ha
angenommener Stickstoffbedarf der Rebe im Pflanzjahr		34	kg Stickstoff	pro ha
es wird angenommen, dass die Jungrebe nur die Hälfte des Stickstoffbedarfs einer erwachsenen Rebe hat.	7.5 t Ertrag	34	kg Stickstoff	pro ha
N-Entzug durch Traubenabfuhr bei 14 t Ertrag von 25-32, also durchschnittlich 28.5 kg durch die Trauben		28,5	kg Stickstoff	pro ha
Im Pflanzjahr keine Stickstoffabfuhr in Form von Trauben		0	kg Stickstoff	pro ha

Deposition durchschnittlich:	Smidt (2007)		
im Freiland zwischen	16,4		
und	3,3		
	19,7		
	0,50		
im Durchschnitt also	9,85	kg Stickstoff pro ha und Jahr	

Stickstoffmineralisierung ab dem 2. Jahr angelehnt an die Werte von Richner et al. (2006, S.14)				
Die Werte in Richner (2006) für die Mineralisierung sind laut Hörtenhuber (2013) zu hoch (Summe 184.5) , deshalb wurde davon nur die Verteilungskurve - wann wie viel mineralisiert wird - abgeleitet				
Nitratbildungspotenzial laut Richner (2006, S.7)	Nitratbildungspotenzial laut Richner (2006, S.7, S.11) in kg; Werte - 10 %, da keine GVE und + 15% während der 6 Monate nach dem Umbruch	anteilige Mineralisierung pro Monat in Prozent	anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten in kg	
März 10 kg	9	4,29338%	2,399271659	1,01038277
April 15 kg	14,625	6,97674%	3,898816445	2,509927556
Mai 20 kg	21	10,01789%	5,598300537	4,209411648
Juni 25 kg	26,25	12,52236%	6,997875671	5,608986782
Juli 30 kg	31,5	15,02683%	8,397450805	7,008561916
August 35 kg	36,75	17,53131%	9,797025939	8,40813705
September 40 kg	42	20,03578%	11,19660107	9,807712184
Oktober 20 kg	19,5	9,30233%	5,198421927	3,809533038
November 10 kg	9	4,29338%	2,399271659	1,01038277
	209,625		55,88303571	
	SALCA			

Stickstoffmineralisierung angelehnt an die Werte von Richner et al. (2006, S.14)

Die Werte in Richner (2006) für die Mineralisierung sind laut Hörtenhuber (2013) zu hoch (Summe 184.5) , deshalb wurde davon nur die Verteilungskurve - wann wie viel mineralisiert wird - abgeleitet

Nitratbildungspotenzial laut Richner (2006, S.7)	Nitratbildungspotenzial laut Richner (2006, S.7, S.11) in kg	anteilige Mineralisierung pro Monat in Prozent	anteilige Mineralisierung pro Monat auf Basis des abgeschätzten verfügbaren Stickstoffs im Weingarten in kg	
März 10 kg	10	4,87805%	5,955487805	4,56659892
April 15 kg	15	7,31707%	8,933231707	7,54434282
Mai 20 kg	20	9,75610%	11,91097561	10,5220867
Juni 25 kg	25	12,19512%	14,88871951	13,4998306
Juli 30 kg	30	14,63415%	17,86646341	16,4775745
August 35 kg	35	17,07317%	20,84420732	19,4553184
September 40 kg	40	19,51220%	23,82195122	22,4330623
Oktober 20 kg	20	9,75610%	11,91097561	10,5220867
November 10 kg	10	4,87805%	5,955487805	4,56659892
	205		122,0875	
	SALCA			

Nitratbildungspotenzial im ersten Jahr durch Ausbringung von Rindermist angelehnt an Richner (2006, S.7, S.11)

Laut Ziegler (2011, S.28) enthält 1 t Rindermist 5.5 kg Stickstoff. Mist hat laut Ziegler (2011, S.12) einen Ausnutzungsgrad von 50-75%, also durchschnittlich 62.5 % des verfügbaren Stickstoffs.

Stickstoffgehalt in 20 t Rindermist	110	kg
Bei angenommenem Ausnutzungsgrad von durchschnittlich 62.5 % sind das	68,2	kg
März	3,326829268	kg
April	4,990243902	kg
Mai	6,653658537	kg
Juni	8,317073171	kg
Juli	9,980487805	kg
August	11,64390244	kg

September	13,30731707	kg
Oktober	6,653658537	kg
November	3,326829268	kg
Dezember	0	kg

Mineralisierungsverteilung durch Umbruch jeder zweiten Zeile				
	angenommene anteilige Mineralisierung	kg		des in der Gründüngung gespeicherten Stickstoffes wird als pflanzenwirksam angesehen (Ziegler 2011)
März	0,1	2,1	75%	
April	0,2	4,2		
Mai	0,4	8,4		
Juni	0,2	4,2		
Juli	0,1	2,1		
	1	21		

Stickstoffbilanz ab dem zweiten Jahr

	Stickstoffaufnahme aus dem Boden in kg durch Begrünung verteilt auf ein Jahr	Stickstoffaufnahme aus dem Boden durch Weinrebe in kg anteilig nach Werten von Ziegler (2011, S.6); Jahresverteilung nach Fader (2003)	Mineralisierung in kg aus Bio-Gründüngung	Mineralisierung von allen Stickstoffquellen außer Stickstoff, der beim Umbrechen jeder 2. Zeile frei wird (in kg).	Stickstoffbilanz in kg	Mineralisierung minus Bedarf	
Feb	0,684864865				-0,684864865	0	February Jede 2. Zeile wird Mitte März gegrubbert, deshalb in diesem Monat auf der Hälfte der Fläche 50 % Auswaschungsgefahr, im April und im Mai liegen jeweils die Hälfte der Flächen offen und den halben Juni sind 50% der Zeilen unbegrünt.

Mar	1,540945946		2,1	0,065938325	0,624992379	0,6249923	March - 50 % pot. Auswaschung auf 50 % der Fläche	0,1562480 95	
Apr	1,36972973		4,2	1,565483112	4,395753382	4,3957533	April - 100 % pot. Auswaschung auf 50 % der Fläche	2,1978766 91	
May	1,232756757	6,231428571	8,4	3,264967203	4,200781875	4,2007818	May - 100 % pot. Auswaschung auf 50 % der Fläche und 50 % Auswaschung auf der anderen Hälfte	3,1505864 06	
Jun	0,719108108	20,77142857	4,2	4,664542338	-12,62599434	0	June - 50 % pot. Auswaschung auf 50 % der Fläche und 20 % Auswaschung auf 50 % der Fläche	0	
Jul	0,684864865	10,38571429	2,1	6,064117472	-2,906461679	0	July - 20 % pot. Auswaschung auf 50 % der Fläche	0	
Aug	1,027297297	12,46285714		7,463692606	-6,026461834	0	August		
Sep	2,739459459	2,077142857		8,86326774	4,046665423	4,0466654	September		
Oct	1,643675676			2,865088594	1,221412918	1,2214129	October		
Nov	0,684864865			0,065938325	-0,61892654	0	November - 20 % pot. Auswaschung	0	
Dec	0,342432432				-0,342432432	0	December		
	12,67	51,92857143	21	34,88303571	-8,715536	14,489605		5,5047111	
		Stickstoffbedarf bei 6,5 t Ertrag		diese Werte sind: Mineralisierung laut Salca (rechts) minus Stickstoff von Hälfte der Begrünung (jede 2.Reihe, entspricht 27.244 kg Stickstoff), die ja im Mai, Juni und im halben Juli nach dem Umbruch mineralisiert					
			Ende April wird umgebrochen und der Stickstoff wird mineralisiert	55,88303571	kg				

Luftstickstoff innerhalb eines Jahres durch Gründüngung gebunden	15,33 kg	Summe aus Mineralisierung des durch die Gründüngung aufgenommenen Luftstickstoffes, Deposition , Bedarf der Rebe minus Abfuhr durch Trauben , das ist das Rebschnittmaterial, das wieder in den Boden eingearbeitet wird.		
Deposition	9,85 kg			
Summe N aus Boden, Luft, Deposition	37,85 kg			
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Gründüngung:			75%	
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige) Mineralisierung Rebschnittmaterial:			75%	
Literaturwerte sind niedriger, aber für statische Bedingungen kann N aus neuem Dünger durch N aus Boden-N-Pool ersetzt werden (sonst würde sich ja N im Boden anreichern, außer bei sehr starken Denitrifizierungsverlusten als N2 in d. Atmosphäre):				
Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011,11):			75%	

Stickstoffbilanz im ersten Jahr

	Stickstoffaufnahme aus dem Boden durch Begrünung in kg	Stickstoffaufnahme in kg aus dem Boden durch Weinrebe anteilig nach Werten von Ziegler (2011, S.6); Jahresverteilung nach Fader (2003)	Mineralisierung des Stickstoffs von der Vorratsdüngung mit Rindermist in kg	Mineralisierung von allen Stickstoffquellen in kg außer Stickstoff, der beim Umbrechen jeder 2. Zeile frei wird.	Stickstoffbilanz in kg		Annahme: Einsaat im März, daher im März 50 % Auswaschungsrisiko und im April 20 % /siehe Richner (2006, S. 17)
Jän	verteilt auf ein Jahr				Mineralisierung minus Bedarf		

Feb	0				0	0	February	
Mar	0		3,32682927	5,9554878	9,28231707	9,28231707	March	4,641158537
Apr	0,543		4,9902439	8,93323171	13,3804756	13,3804756	April	2,676095122
May	1,81	4,08	6,65365854	11,9109756	12,6746341	12,6746341	May	
Jun	1,448	13,6	8,31707317	14,8887195	8,15779268	8,15779268	June	
Jul	1,448	6,8	9,9804878	17,8664634	19,5989512	19,5989512	July	
Aug	2,534	8,16	11,6439024	20,8442073	21,7941098	21,7941098	August	
Sep	2,172	1,36	13,3073171	23,8219512	33,5972683	33,5972683	September	
Oct	0,724		6,65365854	11,9109756	17,8406341	17,8406341	October	
Nov	0,724		3,32682927	5,9554878	8,55831707	8,55831707	November	
Dec	0,362		0		-0,362	0	December	
	12,67	34	68,2		144,52	144,8845		7,317253659
		Stickstoffbedarf bei 6,5 t Ertrag		diese Werte sind: Mineralisierung laut Salca (rechts) minus Stickstoff von Hälfte der Begrünung (jede 2.Reihe, entspricht 27.244 kg Stickstoff), die ja im Mai, Juni und im halben Juli nach dem Umbruch mineralisiert				
				122,0875 kg				
				Summe aus Mineralisierung des durch die Gründüngung aufgenommenen Luftstickstoffes, Deposition (angenommene 6.55 kg), Bedarf der Rebe minus Abfuhr durch Trauben (38.536-13.23kg), das ist das Rebschnittmaterial, das wieder in den Boden eingearbeitet wird.				

Luftstickstoff innerhalb eines Jahres durch Gründüngung gebunden	15,33 kg			
Deposition	9,85 kg			
Summe N aus Boden, Luft, Deposition	37,85 kg			
Eigene Annahme f. (langfristig fast vollständige)Mineralisierung Rebschnittmaterial:				75%
Literaturwerte sind niedriger, aber für statische Bedingungen kann N aus neuem Dünger durch N aus Boden-N-Pool ersetzt werden (sonst würde sich ja N im Boden anreichern, außer bei sehr starken Denitrifizierungsverlusten als N ₂ in d. Atmosphäre):				
Ausnutzungsgrad von Dünger allgemein (Mineral u. Organisch) (Ziegler (2011,11):				75%

N2O-Emissionen

Es wird von einer Stickstoffausnutzung von 75 % des im organischen Material gebundenen Stickstoffes (Ziegler 2011, S.11) ausgegangen.

in Ertragsanlage					
Freigesetzter Stickstoff durch Gründüngung, Wurzelerneuerung der Gründüngung, Rebschnittmaterial und Deposition	55,88	kg	eigene Berechnung		
Nitratauswaschung	24,37	kg	eigene Berechnung	16,08308496	48,24925489
Formel zur Berechnung der Lachgasemissionen	$N_2O = 44/28 * 0.01 * \text{düngewirksamer Stickstoff} + 0.025 * 14/62 * NO_3$		nach Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f.)	auf 0.66 ha sind das	
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,4010116	kg	De Klein et al. (2006)	0,264667683	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,015725	kg	Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f.)	0,670378522	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,772049	kg	De Klein et al. (2006)	1,829552348	kg
in Neuanlage:					
Jahre 2 und 3					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,8020233	kg	De Klein et al. (2006)	0,529335365	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,0314501	kg	Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f.)	1,340757044	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	5,544098	kg	De Klein et al. (2006)	3,659104697	kg
Jahr 1					
freigesetzter Stickstoff im Jahr der Vorratsdüngung	122,0875	kg		80,57775	kg
potenzielle Nitratauswaschung im Jahr der Vorratsdüngung	7,32	kg		4,8312	kg

Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,01898116		De Klein et al. (2006)	0,672527568	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,36194366		Nemecek & Schnetzer (2012, S.17f.)	1,558882818	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	2,36194366		De Klein et al. (2006)	1,558882818	kg
Summe der Lachgasemissionen für die Neuanlage					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,82100444			1,201862933	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	4,39339373			2,899639862	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	7,90604169			5,217987515	kg
NOx-Emissionen					
in Ertragsanlage	0.21 * N2O-Emissionen		Nemecek & Schnetzer (2012, S.18)		
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,08421244	kg NOx		0,055580213	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,21330226	kg NOx		0,14077949	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,58213029	kg NOx		0,384205993	kg
in Neuanlage					
Annahme: 0.3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,38241093	kg NOx		0,252391216	kg
Annahme: 1 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	0,92261268	kg NOx		0,608924371	kg
Annahme: 3 % des düngewirksamen Stickstoffs werden als N2O emittiert	1,66026875	kg NOx		1,095777378	kg

Anhang K – Darstellung der Schwankungsbreiten der Ergebnisse der vier untersuchten Betriebe

Betrieb A

GWP in CO ₂ -Äquivalenten	Punktwert in kg CO ₂ -eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Bodenbearbeitung /Maschineneinsatz	0,43007	69%	0,442640098	0,394516989	0,498463834
Material für Neuanlage	0,05366	9%	0,053416192	0,046571624	0,063213416
Transport zu den Kunden	0,04251	7%	0,043197087	0,033366052	0,053256765
Düngung	0,04193	7%	0,057887506	0,02833822	0,099334305
Verpackung - Kartonschalen	0,03653	6%	0,038350045	0,033402666	0,043685346
andere Faktoren	0,02077	3%	0,021437821	0,020233588	0,022743106
Gesamtsystem	0,62547	100%	0,659710138	0,599134405	0,727639499

FEP - in Phosphat-Äquivalenten	Punktwert in kg P-eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	4,28E-05	47%	5,69198E-05	3,33674E-05	0,000125545
Material für Neuanlage	2,97E-05	33%	3,9058E-05	2,04869E-05	8,82123E-05
Verpackung - Kartonschalen	1,03E-05	11%	1,29525E-05	6,44743E-06	2,9103E-05
Verpackung - Plastiksteigen	1,50E-06	2%	1,70327E-06	8,04305E-07	4,21928E-06
Transport	9,55E-07	1%	1,21724E-06	5,99342E-07	3,15643E-06
andere Faktoren	5,13E-06	6%	6,67E-06	3,88377E-06	1,29824E-05
Gesamtsystem	9,03E-05	100%	0,000122563	6,91481E-05	0,000260126

TETPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	6,35602E-05	68%	7,83221E-05	4,36575E-05	0,000194167
Material für Neuanlage	1,37E-05	15%	1,83434E-05	1,16629E-05	3,51241E-05
Verpackung - Kartonschalen	8,10E-06	9%	9,28822E-06	7,41726E-06	1,36073E-05
Transport zum Kunden	5,80E-06	6%	7,33564E-06	2,9412E-06	2,66959E-05
andere Faktoren	2,45E-06	3%	3,0597E-06	2,17747E-06	6,72535E-06
Gesamtsystem	9,37E-05	100%	0,000116246	7,72828E-05	0,000271944

HTPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,07318	50%	0,126064404	0,079674909	0,340176323
Material für Neuanlage	0,05075	35%	0,094972664	0,050893244	0,270426258
Verpackung - Kartonschalen	0,01431	10%	0,025162803	0,013875656	0,06250169
Transport zum Kunden	0,00085	1%	0,002313805	0,001256837	0,005725449
andere Faktoren	0,00667	5%	0,012494957	0,006716504	0,03578286
Gesamtsystem	0,14576	100%	0,266858576	0,165310643	0,702191149

Betrieb B:

GWP100 in CO2-Äquivalenten	Punktwert in kg CO2-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Verpackung - Plastikschaalen	0,134	27%	0,12743645	0,108105565	0,149759055
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,108	22%	0,11159588	0,101790029	0,122916805
Transport zum Supermarkt	0,072	14%	0,07329507	0,047065569	0,115878083
Verpackung - Kartons	0,063	13%	0,06678391	0,059537012	0,074597883
Material für Neuanlage	0,062	13%	2,49756283	2,154229111	2,952994341
Düngung	0,050	10%	0,06744324	0,033637789	0,112630858
andere Faktoren	0,005	1%	0,00585975	0,004934536	0,006986934
Gesamtsystem	0,49487	100%	0,53120028	0,473545983	0,601763385

FEP in Phosphat-Äquivalenten	Punktwert in kg P-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Verpackung - Plastikschaalen	4,24E-05	30%	5,3653E-05	2,60093E-05	0,000132958
Material für Neuanlage	4,08E-05	29%	0,00199534	0,001051569	0,004432714
Verpackung - Kartons	1,97E-05	14%	2,4923E-05	1,34748E-05	5,62336E-05
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	1,91E-05	14%	2,593E-05	1,4775E-05	5,73201E-05
Transport zum Supermarkt	7,92E-06	6%	1,1257E-05	5,26382E-06	2,77949E-05
andere Faktoren	1,01E-05	7%	6,6185E-06	3,536E-06	1,74618E-05
Gesamtsystem	1,40E-04	100%	0,00018547	9,95797E-05	0,000405932

TETPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Pflanzenschutz (Emissionen im Weingarten)	0,000158836	66%	0,00016373	0,000163207	0,000164599
Material für Neuanlage	1,89E-05	8%	0,00092083	0,000561465	0,001692961
Verpackung - Kartons	1,80E-05	7%	2,0709E-05	1,6392E-05	2,93589E-05
Transport zum Supermarkt	1,68E-05	7%	2,1957E-05	8,65491E-06	5,95094E-05
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	1,14641E-05	5%	1,3335E-05	8,9127E-06	4,46975E-05
andere Faktoren	1,60E-05	7%	3,3401E-06	2,66473E-06	4,33202E-06
Gesamtsystem	2,40E-04	100%	0,00026462	0,000236072	0,000353424

HTPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Material für Neuanlage	0,07103	41%	4,82753279	2,6406965	15,49584868
Verpackung - Plastikschaalen	0,04086	24%	0,080944	0,039810225	0,234061339
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,0249	14%	0,04848433	0,026981749	0,140794017
Verpackung - Kartons	0,0188	11%	0,034371	0,020482342	0,108727432
Transport zum Supermarkt	0,01034	6%	0,02210215	0,010737456	0,066681848
andere Faktoren	0,00733	4%	0,01307067	0,007002447	0,038498975
Gesamtsystem	0,17326	100%	0,34072211	0,193712618	0,946982004

Betrieb C:

GWP in CO2-Äquivalenten	Punktwert in kg CO2-eq	Anteil am Gesamt-system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,48442	46%	0,4974095	0,451273166	0,551189204
Transport zum Supermarkt	0,15678	15%	0,16896222	0,104580017	0,264651807
Verpackung - Plastikschaalen	0,134	13%	0,12214552	0,102615824	0,148018725
Anfahrt mit PKW und Traktor	0,08026	8%	0,08176516	0,074261738	0,090514857
Material für Neuanlage	0,07355	7%	0,07897326	0,067426721	0,095178281
Lachgasemissionen durch Düngung	0,04922	5%	0,4974095	0,451273166	0,551189204
andere Faktoren	0,0722	7%	0,13662221	0,124325253	0,153162765
Gesamtsystem	1,05043	100%	1,09077242	0,993940143	1,217409661

FEP - in Phosphat-Äquivalenten	Punktwert in kg P-eq	Anteil am Gesamt= system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Material für Neuanlage	5,07E-05	28%	6,7062E-05	3,55281E-05	0,000143116
Verpackung - Plastikschaalen	4,24E-05	24%	4,6926E-05	2,09852E-05	0,000114011
Transport	3,27E-05	18%	4,6076E-05	1,95998E-05	0,0001171
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	2,82E-05	16%	3,8978E-05	2,22161E-05	7,96801E-05
Pflanzenschutz	1,48E-05	8%	1,5387E-05	9,22524E-06	5,76543E-05
Anfahrt mit PKW und Traktor	6,04E-06	3%	7,3208E-06	5,10257E-06	1,31002E-05
andere Faktoren	5,09E-06	3%	1,2908E-05	7,06E-06	2,87209E-05
Gesamtsystem	1,80E-04	100%	0,00024343	0,000133434	0,000545498

TETPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamt= system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Pflanzenschutz	1,62E-03	92%	0,00161501	0,001614299	0,001616749
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	7,17E-05	4%	8,443E-05	5,0622E-05	0,000247885
Transport zum Supermarkt	2,38E-05	1%	4,6076E-05	1,95998E-05	0,0001171
Material für Neuanlage	2,36E-05	1%	3,2104E-05	1,99223E-05	5,94697E-05
andere Faktoren	2,36E-05	1%	6,6542E-05	4,54764E-05	0,000132227
Gesamtsystem	1,76E-03	100%	0,00180467	0,001742829	0,002075234

HTPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamt= system	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Material für Neuanlage (Metallsteher und Drähte)	0,09072	32%	0,17031109	0,09106004	0,445364221
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,05567	20%	0,09440528	0,059391708	0,228003669
Transport zum Supermarkt	0,04125	15%	0,08298093	0,036756328	0,312450735
Verpackung -Plastikschaalen	0,04086	14%	0,07282866	0,038500615	0,230542763
Pflanzenschutz	0,03426	12%	0,04703627	0,023890406	0,149419821
Anfahrt mit PKW und Schlepper	0,01052	4%	0,01574733	0,010834085	0,036092292
andere Faktoren	0,00934	3%	0,01817999	0,01023935	0,062179513
Gesamtsystem	0,28262	100%	0,51591815	0,309746542	1,385555716

Hypothetischer Referenzbetrieb R:

GWP in CO2-Äquivalenten	Punktwert in kg CO2-eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Düngung	0,06157	21%	0,07607489	0,052575359	0,108657155
Material für Neuanlage	0,05922	20%	0,06790694	0,057612459	0,083499561
Transport zum Supermarkt	0,05749	19%	0,1344678	0,061283502	0,257963033
Verpackung - LDPE-Beutel	0,04595	16%	0,04007441	0,034719056	0,045805454
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,04122	14%	0,04256809	0,038924378	0,046436992
andere Faktoren	0,03099	10%	0,03216033	0,030228445	0,034530903
Gesamtsystem	0,29644	100%	0,39396284	0,314283279	0,519881821

FEP - in Phosphat-Äquivalenten	Punktwert in kg P-eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Material für Neuanlage	4,02E-05	34%	5,5138E-05	2,95946E-05	0,000137003
Düngung	3,54E-05	30%	3,9523E-05	2,86395E-05	5,80155E-05
Transport	1,20E-05	10%	3,6885E-05	1,19694E-05	0,000112449
Pflanzenschutz	1,10E-05	9%	1,1878E-05	9,3779E-06	2,34478E-05
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	4,74E-06	4%	7,7369E-06	4,29323E-06	1,66985E-05
Verpackung - LDPE Beutel	3,20E-06	3%	3,8826E-06	1,78837E-06	9,01541E-06
andere Faktoren	1,34E-05	11%	8,7424E-06	4,42916E-06	2,28297E-05
Gesamtsystem	1,20E-04	100%	0,00017299	0,000107256	0,000353305

TETPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamtsystem	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Pflanzenschutzmittel	0,000445076	91%	0,00044582	0,000445302	0,000446679
Material für Neuanlage	2,05E-05	4%	2,7703E-05	1,6235E-05	5,25701E-05
Transport zum Supermarkt	8,73E-06	2%	2,5315E-05	9,50583E-06	8,37596E-05
andere Faktoren	1,57E-05	3%	1,315E-05	9,35386E-06	3,67248E-05
Gesamtsystem	4,90E-04	100%	0,00058329	0,00045139	0,000830032

HTPinf in 1,4 Dichlorbenzoläquivalenten	Punktwert in kg 1,4 DCB-eq	Anteil am Gesamtsyste m	Median	5 % Perzentil	95 % Perzentil
Material für Neuanlage	0,07368	56%	0,1417182 7	0,070810863	0,441752146
Pflanzenschutz	0,01355	10%	0,0191749 3	0,011363826	0,058867899
Transport zum Supermarkt	0,01512	12%	0,0655604 9	0,02295956	0,230533666
Düngung	0,00729	6%	0,0152124 8	0,007461412	0,047397203
Bodenbearbeitung/Maschineneinsatz	0,00724	6%	0,0141736 5	0,007956235	0,043341752
andere Faktoren	0,01385	11%	0,0246281 4	0,0132996	0,076303199
Gesamtsystem	0,13073	100%	0,2883795 7	0,158931357	0,809777565

Anhang K – Literaturgeleitete Abschätzung von Emissionsfaktoren f. "alte" Traktoren für leichte Pflegearbeiten

(nach Schöffeler und Keller 2008)

Umrechnung d. Traktorenleistung v. PS zu kW			
	Baujahr	Leistung	
		PS	kW
Traktor 1	1965	65	0
Traktor 2	1987	70	0
Umrechnungsfaktor PS --> kW:			
		0,736	kW/PS

Korrigierte Emissions- und Verbrauchsfaktoren:

Faktoren in g/kWh	
PM	1,308 g/kWh
CO	8,59248 g/kWh
HC	1,729 g/kWh
NOx	12,4 g/kWh
CO2	1015,54373 g/kWh
Dieserverbrauch	322,394833 g/kWh

Korrigierte Faktoren in g/h		
	Traktor 1	Traktor 2
PM	62,57472	67,38816
CO	411,064243	442,68457
HC	82,71536	89,07808
NOx	593,216	638,848
CO2	48583,6118	52320,8127
Dieserverbrauch	15423,3688	16609,7818